

CSINI 2020

XIII° Congreso Internacional
de Ingeniería Industrial



COINI 2020 : XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial / Juan Pablo Kirpach ... [et al.] ; compilación de Mario Lurbe ... [et al.]. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-74-3

1. Ingeniería Industrial. 2. Control Ambiental. 3. Higiene y Seguridad del Trabajo. I. Kirpach, Juan Pablo II. Lurbe, Mario , comp.

CDD 620

ISBN 978-987-4998-74-3



9 789874 998743



Universidad Tecnológica Nacional - República Argentina
Rector: Ing. Héctor Eduardo Aiassa
Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta
Secretaria Académica: Ing. Liliana Raquel Cuenca Pletsch
Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado: Dr. Horacio Leone

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Rafael
Decano: Ing. Horacio P. Pessano
Vicedecano: Ing. Roberto Vilches
Secretario Académico: Ing. Lucas Pietrelli
Secretario Ciencia y Tecnología: Mg. Ing. Felipe Genovese
Director Departamento de Ingeniería Industrial: Mg. Ing. Ivan Barón

eduTecNe-Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional
Coordinador General a cargo: Fernando H. Cejas
Área de edición y publicación en papel: Carlos Busqued (*In Memoriam*)
Colección Energías Renovables, Uso Racional de Energía, Ambiente: Dr. Jaime Moragues

Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial
Presidente: Esp. Arq. Miguel Ángel Rissetto
Vicepresidente: Ing. Jorge A. Mohamad
Secretario General: Esp. Ing. Pedro Basara
Pro Tesorero: Dr. Ing. Rubén Mario Lurbé
Segunda Vocal Suplente: Ing. Nora Lucía Lladser

Comité Editorial

Dr. Ing. Mario Lurbe (AACINI)
Mg. Ing. Iván Barón (FRSR)
Esp. Arq. Miguel Rissetto (AACINI)
Ing. Juan Ignacio Sáenz (FRSR)
Armado, diagramación y Diseño Editorial: Esp. Lic. Jimena Lloret (FRSR)

Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723
© eduTecNe, 2021
Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ) Buenos Aires, República Argentina
Publicado Argentina - Published in Argentina

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

02**09****Información****Prólogos**UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA
NACIONAL

- 16** Comités
- 16** Comité de Honor
- 16** Organizadores
- 16** Comité de Evaluaciones
- 16** Evaluadores
- 17** Moderadores
- 18** Sponsors
- 19** Canal de AACINI
- 20** Trabajos Presentados
- 21** Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria
- 219** Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional
- 389** Gestión de Operaciones y Logística
- 648** Gestión Económica
- 743** Innovación y Gestión de Productos
- 895** La Educación en la Ingeniería Industrial
- 1211** Emprendedorismo e Ingeniería Industrial

Índice General

- Portada **01**
- Información Editorial **02**
- Índice General **03**
- Hitos **04**
- Cronograma Día 1 y 2 **05**
- Cronograma Día 3 y 4 **06**
- Cronograma Día 5 y 6 **07**
- Salas simultáneas **08**
- Prólogo por Horacio Pessano Decano FRSR **09**
- Palabras de Iván Barón Presidente COINI 2020 **10**
- Palabras de Miguel Ángel Risetto Presidente AACINI **11**
- Jornada Internacional de la Mujer en Ingeniería **12**
- Extracto Ceremonia Apertura **14**
- Patrocinador Tecnológico **15**

14**20****Apertura****Trabajos**FACULTAD
REGIONAL
SAN RAFAEL*
Trabajos

hitos

30

Conferencistas

En esta edición del COINI, la virtualidad permitió contar con 10 conferencistas internacionales y 20 conferencistas de todo el país, llegando a un total de 30 conferencias de primera. Todas la conferencias

Días del Congreso

6

Tradicionalmente el COINI se desarrollaba a lo largo de 2 días. Este año se realizó a lo largo de 6 días, pudiendo aportar una gran variedad de temáticas.

60

Primer Encuentro de Directores

Participaron mas de 60 Directores de carrera de ingeniería industrial de diferentes países. Durante la reunión se realizó el primer taller de Conversaciones Colaborativas guiadas por Facilitadores: **Actualidad y Futuro de la Educación en la Ingeniería Industrial - 2020/2040**

Record de Trabajos

140

Este año se superó la cantidad de trabajos presentados, entre los locales y extranjeros, demostrando el carácter internacional de esta edición del COINI. Se presentaron publicaciones de los siguientes países:

- Argentina
- Colombia
- México
- Ecuador
- El Salvador
- Perú
- Brasil
- Chile
- Cuba

24

Innovación en transmisión

24 conferencias magistrales, 24 horas de material grabado y disponible en el canal de AACINI.

El evento se transmitió por redes sociales y por primera vez está disponible en Youtube la totalidad de las conferencias magistrales, permitiendo lograr una mayor audiencia y difusión del contenido, conseguir mayor interacción y sociabilización de los participantes y perpetuar los contenidos al poder revisitar el evento en diferido.

Jornada de la Mujer

1

Se realizó la Primer Jornada Internacional de la Mujer en Ingeniería Industrial, orientada a mujeres profesionales, docentes, investigadoras, estudiantes avanzadas y emprendedoras, vinculadas a la Ingeniería Industrial, con el fin de dar visibilidad al importante rol de las mujeres en la actualidad.

8

Salas simultáneas

Podemos comparar la cantidad de salas con las ediciones anteriores e introducimos la presencia de 350 visitantes diarios superando las ediciones anteriores

19 Oct

Acto Inaugural -COINI 2020 Virtual-



AACINI

Mirá todas las plenarias,
conferencias y entrevistas en
el canal de AACINI

Ing. Horacio Pessano

Decano FRSSR UTN

Ing. Hector Aiasa

Rector UTN

Emir Felix

Intendente San Rafael

Mg. Iván Barón

*Presidente COINI / Director Ing. Ind. UTN-
FRSSR*

Esp. Miguel Risetto

Presidente AACINI

Sala Plenario

Conferencia



“El Futuro de la Educación y de las Universidades”.

José Luis Rocés

Conferencia



“Nuevo Paradigma Industrial: La Revolución Organizativa On Line”.

Francesca Torrel

“Estrategias de Desarrollo Económico Local Desarrollo y Sostenibilidad”.

Lic. Federico Morabito | Director de Innovación & Desarrollo Económico de Mendoza

“Las Nuevas Tecnologías para la Educación”.

Pedro Basara | CEO VirtualEd

“El Futuro de las Empresas Tecnológicas. Nuevos Desafíos y Productos. Perfil del Ingeniero para el Nuevo Escenario”.

Juan Carlos Fernández | CEO IMPSA



Conferencia



Conferencia

Taller: “Los secretos para publicar un gran artículo en una revista indexada... Y no morir en el intento”. Conozcamos en qué Revistas publicar y el proceso editorial para lograrlo.

Coordinan: *Fernando Zalazar Arrieta - Antonio Morcella*



Conferencia

“Estándares de Acreditación y la Educación en la Pandemia y Post Pandemia”

José Basterra - Presidente CONFEDI Decano de la UN del Nordeste

“Red de Laboratorios Remotos Colaborativos de CONFEDI”

Oscar Pascal - Secretario General CONFEDI Decano UNLZ

“Una Visión sobre el Futuro de la Movilidad”.

Daniel Herrero | CEO de TOYOTA



Conferencia

Sala Plenario

Segunda Jornada -COINI 2020 Virtual-

20 Oct

21 Oct

Tercera Jornada -COINI 2020 Virtual-

Panel - Entrevista: El Presente y Futuro de Era 4.0 en Mendoza Sur Polo IT, Un Lugar en el Mundo (Industry Software, Fintech, productos digitales y educación no formal)

Jorje Rojas, Yenien Evangelista, Néstor García, Pablo Reyes, Mauricio Domenech

Conversaciones Colaborativas para Reinventarnos ante los Nuevos Desafíos.

Creativa: Reinversión Organizacional

Sala Plenario

Sala Directores: RRDD - Reunión de Directores AACINI / "1er Encuentro Internacional de Directores - COINI 2020 VIRTUAL" -

Coordinan: Iván Barón (Presidente COINI) - Miguel Risetto

"1er Encuentro Internacional de Directores - COINI 2020 VIRTUAL" - "Experiencias, reflexiones y oportunidades de la educación no presencial en la Ingeniería Industrial"

Coordinan: Héctor Gallegos, Luis Feraboli, Liliana Cerrano y María Laura Gallegos

Sala Taller: "El Rol Fundamental de los Equipos para la Mejora Continua"

Coordinan: Ambrústolo Mariela - Migueles Marina - Berardi María Betina



AACINI

Mirá todas las plenarios, conferencias y entrevistas en el canal de AACINI

La Innovación y Visión a Largo Plazo en las Empresas Familiares.

Alvaro Tassaroli | tercera generación de la familia Tassaroli

Entrevista



Conferencia



El Rol de la Universidad en la Economía del Conocimiento.

Carlos Pallotti | Especialista en Desarrollo Tecnológico y Productivo

Conferencia



Tenemos que Aprender a Aprender

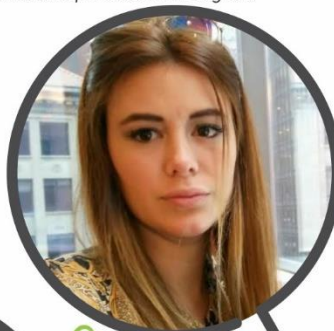
Néstor Nocetti | CEO y Co-fundador y EVP Corporate Affairs de Globant

El Rol de la Mujer en las Energías Sustentables.

Regina Ranieri | Ingeniera Industrial, Master Interdisciplinario en Energía a

Liderazgo de la Mujer en el Mundo Empresarial.

Florencia Velasco | Global Head, External Relationship Management de Novartis



Entrevista

"Transformación Ágil de las Organizaciones"

Fernando Pincirolli | Director de Aconcagua Factory Solution - Decano de la Facultad de Informática de la Universidad Champagnat

Conferencia



Sala Taller:

Capacitación "Potencialidades de la Simulación de Procesos con Flexsim®"

Coordinan: Silvia Urrutia y Franco Chiodi (UNICEN) - Marcelo Fernández y Esteban Acosta (UNGS)

Conferencia



"Innovación y Riqueza, ¿Cómo llegamos ahí?"

Pablo Bereciartua | Ingeniero Civil, Hidráulico y en Comunicaciones. Presidente del Centro Argentino de Ingenieros

Sala Plenario

Apertura 1º Jornada Internacional de la Mujer en la Ingeniería - JIM

Moderadoras: Lucía Lladser, Evelin Martínez, Jesica Romero.

Debate: El Protagonismo de la Mujer Ingeniera en Latinoamérica

Ing. Silvia Urrutia (Argentina), Ing. Gloria Valdivia Camacho (Perú), Ing. Luz M. Patiño Nieto (Colombia), Ing. Ma Loecelia Ruvalcaba (México), Ing. Claudia Durán (Chile), Ing. María Teresa Gómez Urdaneta (Venezuela), Ing. Inmaculada González Alonso (España)

Cuarta Jornada -COINI 2020 Virtual-

22 Oct

23 Oct

Quinta Jornada -COINI 2020 Virtual-

Presentación: 1º Jornada Internacional de la Mujer en la Ingeniería - JIM

Moderadoras: Lucía Lladser, Evelín Martínez, Jéssica Romero, Viviana Mastrandea.

Debate: Videos Distinguidos, Visibilidad de la Mujer Ingeniera.

Leticia Arcusin, Silvia Urrutia, Mercedes Augspach, Jorgelina Cariello, Francesca Torrel, autoras videos distinguidos

Cierre: 1º Jornada Internacional de la Mujer en la Ingeniería - JIM

Lucía Lladser, Evelín Martínez, Jéssica Romero, Iván Barón, Miguel Risetto.

Sala Plenario

Entrevista



Nuevas Tendencias de la Gestión Empresarial

Alex Rovira | Empresario, escritor, economista, conferenciante internacional y consultor español



Conferencia

Desarrollo Tecnológicos y Transferencia en Facultades de Ingeniería

Miguel Angel SOSA - Relaciones Internacionales CONFEDI



Conferencia

Promoviendo la Vocación Científico-tecnológica en Edades Tempranas. Inspira Steam

Lorena Fernández | Directora de Identidad Digital - Gabinete de Comunicación Institucional y Transferencia Social Universidad de Deusto



Conferencia

Conferencia: Mas de 31 Años en el Sector Energético Latinoamericano

Analía Acosta | Consultora Energías Renovables - Master en Hidrocarburos y Master Dirección de Comercio



Conferencia

Las Ingenieras Bachofen, Tres Generaciones Dedicadas a la Ingeniería.

Elisa Mestorino Bachofen - Esther Elena Arce Mestorino

Sala Taller AACINI - Primer Encuentro Internacional de Directores:

“Planes de Estudio para la Carrera de Ingeniería Industrial”

Coordinan: Mario Lurbe (UTN FRSC) y Alejandro Mohamad (UCA Bs As) - Colabora: Jorge Abet (UTN FRC)



AACINI

Mirá todas las plenarias, conferencias y entrevistas en el canal de AACINI

Mg. Iván Barón
Presidente COINI



Ing. Horacio Pessano
Decano UTN F.R. San Rafael



Esp. Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI



Mg. Lucía Lladser
Coordinadora Jornada de la Mujer en la Ingeniería



Taller: El Saber Ser ¿Lo trabajamos adecuadamente en las carreras de Ingeniería Industrial? El "desarrollo del SER" para mejorar la formación de nuestros ingenieros industriales

Coordinan: Federico Mendizábal y Miguel Risetto

Premios y distinciones
Cierre: 1º Jornada Internacional de la Mujer en la Ingeniería
Trabajos
Certificados Especiales
Conclusiones

Sala Plenario

**Jornada de Cierre
-COINI 2020 Virtual-**

24 Oct

20 octubre

- Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria
- Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional.
- Gestión de Operaciones y Logística
- La Educación en la Ingeniería Industrial

21 octubre

- Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria
- Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional.
- Gestión de Operaciones y Logística
- La Educación en la Ingeniería Industrial

22 octubre

- Gestión de Operaciones y Logística
- Gestión Económica
- Innovación y Gestión de Productos
- La Educación en la Ingeniería Industrial

23 octubre

- Innovación y Gestión de Productos
- La Educación en la Ingeniería Industrial
- Emprendedorismo



Prólogo de Horacio Pessano

Decano de la UTN San Rafael

La pandemia por el virus SARS-CoV-2 cambió el mundo. Todos los ámbitos de la vida pública se vieron afectados por la mayor crisis sanitaria a nivel global en un siglo. La educación no permaneció ajena a este shock externo. La organización de un congreso que nuclea actores de la academia, el gobierno y la empresa es siempre una etapa compleja y de un esfuerzo estratégico y constante, con incertidumbres y desafíos a resolver, pero en tiempos de Covid esto es aún más arduo.

La UTN Facultad Regional San Rafael como institución organizadora del CONGRESO COINI 2020, edición XIII, junto a la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial, se vieron forzadas a adaptarse rápidamente a la nueva “normalidad”, que irrumpió sin previo aviso. Sin dudas, el uso de tecnologías de la información y comunicación asociadas a un trabajo conjunto de gestión y compromiso, permitió que muchas de las actividades tradicionalmente instaladas en los CONGRESOS COINI puedan continuar, como también, redoblar los esfuerzos para posicionar y apostar al desarrollo de nuevas actividades, como ser, el primer COINI INTERNACIONAL sumando actores de Latinoamérica y de países europeos, como España y Portugal, y la incorporación del primer evento de Mujeres Ingenieras en el marco de la propuesta COINI.

Estas decisiones, sin dudas, posicionaron al congreso como uno de los más importantes en Latinoamérica, circunstancia que nos obliga a seguir

trabajando a futuro en acciones que consoliden estas prácticas.

El XIII COINI ha sido una acabada muestra de la filosofía institucional, caracterizada por el establecimiento de fuertes lazos e involucramiento con la comunidad y sus actores, promoviendo en conjunto el desarrollo económico y social del territorio. El Proyecto Institucional de Facultad (PIF), por medio de su Programa de Extensión e Integración con la Comunidad (PEIC), desarrolla estrategias dirigidas a plasmar en la praxis uno de los roles más significativos de la Universidad, la promoción de la formación continua de capital humano.

Por último, con orgullo y responsabilidad, asumimos el desafío en el terreno de la cooperación a través de actuaciones directas y de iniciativas que posibiliten la más amplia participación, convencidos que redundará en el crecimiento no solo profesional que un evento de estas características permite sino también personal de los alumnos, graduados, docentes e investigadores de nuestra casa de estudios, que se comprometieron en este gran desafío.

Ing. Horacio P. Pessano
Decano F.R. San Rafael
Universidad Tecnológica Nacional





Palabras de Ivan Barón Presidente COINI 2020

El 2020 fue un año muy especial, las circunstancias que tuvimos que transitar fueron un golpe duro a la salud, a la economía y a las vivencias y emociones de las personas.

También es cierto, que como nunca, entendimos que toda crisis es una oportunidad y la AACINI y la UTN Facultad Regional San Rafael asumimos, en conjunto, el desafío de organizar el primer congreso virtual de Ingeniería Industrial.

Le dimos la espalda a la negatividad y decidimos mirar con expectativa el futuro, pensamos en un congreso que nos muestre un camino hacia donde podamos desarrollarnos. No podemos modificar la realidad, pero si elegir la actitud con la que nos enfrentamos a ella para que nos afecte lo menos posible y con el objetivo de cambiar problemas y dificultades por desafíos y oportunidades.

Y en ese sentido aprovechamos esta oportunidad para poder organizar por primera vez de manera virtual, el XIII Congreso de la Ingeniería Industrial, XIII COINI 2020.

Aprovechamos así todas las ventajas que nos brinda la virtualidad para contar con:

- Una gran cantidad de conferencistas y participantes de Argentina, Latinoamérica y España integrando paneles de debate, talleres y disertaciones magistrales.

- La asistencia al congreso de una gran cantidad de personas, integrantes de la familia de la Ingeniería Industrial y fundamentalmente de los estudiantes que, si bien el congreso es de carácter federal y se desarrolla todos los años en distintos puntos del país, se les hacía imposible por cuestiones de tiempo y de costo participar de dichas actividades.

- Una presentación récord de trabajos académicos científicos, tecnológicos y profesionales que resumen la

producción destacada de los últimos años de los actores del quehacer cotidiano de las carreras de Ingeniería Industrial y afines tanto de la Argentina como así también del resto de Latinoamérica.

Hemos pensado en un congreso que pueda transmitir una mirada optimista del futuro, con actividades relacionadas con el porvenir de las empresas, con la industria del conocimiento, con la educación y también con eventos orientados a mejorar la autoestima para superar el desánimo y la frustración que existe en una parte de nuestra comunidad a partir de cambios en nuestro comportamiento personal.

Contamos con la novedad de organizar dentro del congreso de Ingeniería Industrial, la primer Jornada Internacional de la Mujer en Ingeniería Industrial, con importantes actividades orientadas a esta temática.

Pero también es cierto que esta modalidad de congreso no nos permite los tradicionales encuentros en los “coffee break”, la cena de camaradería y demás actividades presenciales, que nos brindaban la oportunidad de conocernos y afianzar la amistad de esta gran familia de la Ingeniería Industrial.

Los cambios abruptos que se produjeron en el ámbito laboral educativo y social van a traer como consecuencia que los trabajos no van a ser los mismos, las facultades y las formas de enseñar y aprender ya no van a ser las mismas y las personas que estamos pasando por esta experiencia tan larga tampoco vamos a ser las mismas. Y los próximos congresos de las carreras de Ingeniería Industrial tampoco van a ser los mismos.

Imagino los COINIs tomando lo mejor de cada modalidad, un congreso amplio, participativo, federal, internacional, pero también, para todos aquellos que puedan asistir presencialmente, un congreso que nos

permita compartir las vivencias de estar juntos en el mismo lugar.

Hemos disfrutado organizando y participando de estos 6 días intensos en actividades, agradecemos a todos los asistentes que enriquecieron el congreso y esperamos hayan tenido una excelente experiencia al igual que nosotros.

Dedicado a la memoria del Ing. Hermes Chávez (UTN FRSR), excelente persona, docente y dirigente, pero sobre todo un gran amigo, con activa participación en la organización de este XIII COINI 2020.

Mg. Iván Baron
Presidente COINI 2020
Dir. Dpto. Ing. Industrial FRSR



Palabras de Miguel Ángel Rissetto

Presidente AACINI

*“Las crisis son oportunidades para mejorar.
Ningún navegante se hizo experto en aguas tranquilas”*

Estamos presentando un nuevo Libro de Memorias de nuestro tradicional Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, el XIII COINI 2020, organizado por la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional y por la AACINI, Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines.

Pero este no es un libro más, es el fruto de los trabajos presentados en el 1er Evento que organizamos completamente de manera virtual, lo que sin dudas significó un nuevo y enorme desafío para todos.

Nuestros doce COINI anteriores se han desarrollado - desde 2007- de manera presencial y es difícil describir la complejidad que significó mutar un congreso de esta magnitud hacia la virtualidad.

Pero gracias al impecable trabajo del gran equipo conformado, hemos podido desarrollar un evento destacado, por ejemplo, como el más sobresaliente de todo 2020 por la Revista de la Facultad de Ingeniería

Industrial y de Sistemas de la UNI de Lima, Perú (Edición N° 63 de enero de 2021).

Pudimos así ofrecer 6 días de conferencias con personalidades famosísimas y muy reconocidas internacionalmente, llegando además a 18 países de Latinoamérica y España.

Se presentaron actividades innovadoras como la Reunión Internacional de Directores de Carrera, la 1er Jornada Internacional de la Mujer en el COINI o un ejercicio de coaching para visualizar el futuro de la ingeniería industrial a 20 años.

Y lo más importante, todo con la participación e interacción constante de más de 600 personas, con doscientos videos de trabajos para exposiciones recibidos, y en un marco de amistad y cordialidad grandioso, que es el sello de nuestro COINI.

Podrán disfrutar entonces en este Libro de una producción científica y académica de excepción, con temas gestión, de innovación, técnicos y de economía, de emprendedorismo, de educación, y otros que hacen a este un libro único, muy variado y también por demás interesante.

Agradezco entonces -y felicito!- en primer lugar a los autores, por haber confiado en nuestra publicación.

Y continuando con los agradecimientos, gracias a los Directores de Ingeniería Industrial, a los integrantes de la Red AACINI y a su Comisión Directiva, a VirtualEd y a la Editorial EduTecne, de la Universidad Tecnológica Nacional y a su Rector Ing. Héctor Aiassa, por la publicación de este libro.

Gracias a los asistentes en general -investigadores, docentes, alumnos, autoridades, funcionarios, conferencistas y expositores-, a los más de 100 evaluadores, a los Coordinadores e integrantes del Comité Científico y a las Instituciones argentinas y del exterior que auspiciaron y participaron del COINI 2020.

Gracias a la Facultad Regional San Rafael, Sede virtual del evento, a sus autoridades, docentes, alumnos, no docentes y graduados, y a su Sr. Decano Ing. Horacio Pessano, que por segunda vez nos apoya en la organización del COINI.

Y gracias y felicitaciones al Director de Carrera, Ing. Iván Barón, que acompañado por un equipo de excepción, asumió este enorme desafío de co-organizar por primera vez un COINI virtual, y por hacerlo brillantemente.

Como dice la frase del inicio, transformamos la crisis de la imposibilidad de la presencialidad en la oportunidad de llegar mediante la virtualidad a más países y gente. Y

le dimos una visión optimista a un contexto que no aparecía así.

Y si bien el éxito del COINI 2020 Virtual fue enorme, esperamos que el próximo pueda hacerse también presencial, para además poder continuar con algo que distingue a los COINI y que es el encuentro entre amigos, compartiendo cara a cara momentos y vivencias, que jamás podrán reemplazarse por una imagen digital.

Para concluir, es mi ferviente deseo que con este libro sigamos creciendo, para aportar a la calidad y mejora de la Ingeniería Industrial y de la educación toda, pero fundamentalmente, para contribuir a ser mejores personas para hacer un mundo mejor.

Dedico este prólogo a la memoria del Ing. Héctor Gallegos (UTN FRSN) y del Ing. Hermes Chávez (UTN FRSR), grandes personas, amigos y educadores, e impulsores del COINI y de la AACINI

Esp. Arq. Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI



I Jornada Internacional de la Mujer en Ingeniería

“La vida no es fácil, para ninguno de nosotros. Pero... ¡qué importa! Hay que perseverar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo”.

Marie Curie

Podríamos citar muchas frases similares de Marie Curie, una referente de la ciencia y de la perseverancia indiscutible. Estas cualidades son las que pudimos rescatar en la Primera Jornada Internacional de la Mujer en la Ingeniería Industrial, determinación, perseverancia, amor, ganas de crecer y esa pasión que nos caracteriza al ejercer la profesión; en fin, estas Jornadas mostraron un derroche de vivencias de mujeres disruptivas, protagonistas del cambio.



Ing. Eliza Bachoffen

Atesoraremos en nuestras memorias experiencias compartidas de mujeres profesionales como la primera ingeniera de nuestro país y de Latinoamérica, **la Ing. Eliza Bachoffen**, contada de primera mano por su hija y nieta también ingenieras; como así también lo presentado por mujeres líderes en el ámbito nacional e internacional de la industria farmacéutica, del petróleo, las energías sustentables y otras. Igualmente, la puesta en valor de la labor como docentes en los distintos ámbitos universitarios de países hispanohablantes, con la participación de Chile, Perú, Colombia, México, Costa Rica, Venezuela, España y por supuesto Argentina. Finalizando con una

muestra acerca de esa tarea incesante por motivar e incentivar a niñas y adolescentes para el estudio carreras STEAM, este último un común denominador de los países mencionados.

Esta jornada nos permitió estrechar vínculos con colegas que participaron en las mesas de debate y previo a ello, contar con la colaboración permanente, tanto de referentes de nuestro país como de los países participantes.

Nos enriquecimos con el aporte de cada Mujer que participó en la Jornada a través de un video asincrónico compartiendo su experiencia dentro del mundo de la ingeniería. Lo que permitió sentirnos identificadas a través de las vivencias, desafíos y oportunidades, encontrando puntos de conexión a pesar de la distancia

física. A través de esta experiencia conseguimos visibilizar y resaltar grandes aportes que hacen las mujeres dentro de su campo de acción.

En fin, estamos muy agradecidas de haber sido invitadas para organizar este gran evento, en el que nos sentimos protagonistas, en un contexto en el que parecía que no iba a ser posible, y no solo que fue posible, sino que se magnificó a una escala inimaginable. Gracias Miguel Risetto (presidente de la ACCINI) e Iván Barón (presidente del COINI 2020), por darnos la oportunidad.

Retomando la frase inicial, creemos que con lo expuesto, se entenderá por qué la elegimos.... Porque elegimos SER Ingenieras.

Lucía Lladser – Evelín Martínez – Jéscica Romero



COINI 2020

XIII° Congreso Internacional de Ingeniería Industrial y Afines
Economía - Organización - Administración - Otras Ingenierías



Ing. Horacio Pessano
Decano UTN F.R. San Rafael

“Es importante que todo lo negativo le demos una mirada positiva.

Esta virtualidad, no significará que todo deba hacerse así, pero si entendemos de que va a poder complementarse con todo lo que era ese contacto, y poderlo ampliar y poder trabajar en esa construcción del conocimiento con un alcance que no va a tener límites.”



Ing. Héctor Aiassa

Rector Universidad Tecnológica Nacional

“Ingeniería industrial ha sido una de las carreras que en los últimos tiempos, mayor crecimiento, mayor penetración, mayor demanda y mayor presencia en el sistema del ejercicio profesional de la ingeniería ha tenido en nuestro país, por lo tanto me parece que no es menor la importancia de este congreso.”



Dn. Emir Felix

Intendente de San Rafael

“En manos de la ingeniería está el proceso de soluciones que necesitamos, tanto de la función pública, desde la industria, desde el desarrollo de mundo, de nuestro país, de nuestras ciudades... está en manos de la ingeniería esa posibilidad de desarrollo que necesitamos. Así que que menos que invertir en este tipo de encuentros, no solamente dinero, sino tiempo para ir buscando las soluciones que vamos a necesitar para esta nueva etapa y para esta nueva realidad.”



Ing. Iván Baron
Presidente COINI

“Hemos pensado en un congreso con una mirada optimista hacia el futuro, con actividades relacionada con el futuro de las empresas, el futuro de la educación, la industria del conocimiento, y también con una jornada destinada a reflexionar cómo superar el desánimo y la frustración desde un cambio en nuestras actitudes personales.”



Esp. Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI

“El requerimiento de la publicaciones, el requerimiento de la investigación, de las transferencias al medio, se plasma en la CONEAU, que nos pide investigaciones y nos pide transferencia al medio... Y nosotros vemos que nuestras carreras de ingeniería industrial de toda la República Argentina, de todas las universidades públicas y privadas resuelven este problema con nuestro congreso, con nuestra asociación, la verdad que nos sentimos útiles, porque lo que queremos, no es ni mas ni menos que servir.”



Patrocinador
Tecnológico

VirtualEd
Tecnología en Educación

Presidente Honorario:

Rector UTN: Ing Héctor **Aiassa**

Vice-presidente Honorario

Decano UTN-FRSR: Ing. Horacio **Pessano**

Organizadores

Coordinación General

Mg. Ing. Iván Barón
Esp. Arq. Miguel Risetto
Mg. Ing. Pedro Basara
Ing. Juan Ignacio Sáenz
Esp. Ing. Ángel Quiles
Ing. Jéscica Romero
Ing. Hermes Chávez

Comité Científico y de Publicaciones

Dr. Ing. Mario Lurbe
Mg. Ing. Iván Barón
Esp. Arq. Miguel Risetto
Esp. Lic. Jimena Lloret
Ing. Juan Ignacio Sáenz

Comité de Evaluaciones

Mg. Ing. Iván Barón
Ing. Juan Ignacio Sáenz
Ing. Javier A. Giunchi
Mg. Ing. Edgardo Boschín
Ing. Jéscica Romero
Mg. Ing. Ariel Morbidelli

Ing. Bruno Romani
Esp. Arq. Miguel Risetto
Mg. Ing. Antonio Morcela
Ing. Lucas Pietrelli
Esp. Ing. Ángel Quiles

Evaluadores

Dr. Ing. Acevedo Adolfo
Mg. Ing. Agustini Paredes, Liliana Rosalinda
Esp. Ing. Alejandra María Esteban
Ing. Ambrústolo, Mariela B.
Mg. Ing. Ana María López
Mg. Ing. Aramayo María Belén
Mg. Lic. Arduino Guillermo Andrés
Esp. Ing. Aroca Bavich Alejandro
Dr. Lic. Artigas Maria Velia
Dr. Lic. Artola, Eugenia
Dr. Bioqca Avalos Llano, Karina Roxana
Mg. Lic. Blanc Rafael Lujan
Mg. Ing. Bohn Diana Helga
Ing. Boloquy Ignacio
Dr. Ing. Brottier Lucia Inés
Dr. Ing. Caracciolo, Néstor
Mg. Econ. Cardenas Alfonso Yesid
Msc. Ing. Cariello Jorgelina Lucia
Mg. Ing. Carrizo Blanca Rosa
Mg. Ing. Carrizo Nancy Alejandra
Mg. Ing. Carrizo, Guillermo Adrián
Lic. Castaños Cecilia
Mg. Ing. Castillejo Melgarejo Fredy Efrain
Lic. Catalano Mara Lis

Mg. Lic. Herrería, Elisabeth Ruth
Msc. Ing. Ibáñez Juárez Carlos Roberto
Esp. Ing. Imaz Fernando Javier
Ing. Jauré, María Florencia
Ing. Jaureguiberry Mario
Ing. Jaurena, Juan Francisco
Mg. Ing. Julieta Migliavacca
Mg. Ing. Kolodziej Sebastián Federico
Ing. Luca Mavolo
Mg. Ing. Lucas Herrero
Dr. Ing. Lurbe Rubén Mario
Dr. Lic. Mansilla, Graciela Analía
Dr. Ing. Mantulak, Mario José
Esp. Ing. Marcos, Carlos Eduardo
Ing. María Elvira Rodríguez
Dr. Ing. María Eugenia Compagnoni
Ing. Marta Graciela Caligaris
Mg. Lic. Marta Liliana Cerrano
Mg. Lic. Matana Dora Griselda
Bioqca. Mazzuca Analía Josefina
Ing. Meretta Javier
Dr. Ing. Michalus, Juan Carlos
Esp. Ing. Migueles Marina
Dr. Lic. Minnaard Claudia

Mg. Ing. Cerioni Juan Jesús
Dr. Ing. Chezzi, Carlos María
Esp. Ing. Cinalli Marcelo Fernando
Mg. Ing. Claudia Rohvein
Dr. Ing. Cofone Aníbal
Mg. Ing. Cohen. Rodolfo Saúl
Mg. Lic. Constanza Carolina Caminos
Esp. Ing. Corvalán Soraya
Mg. Cdor. Couselo Romina E.
Esp. Ing. Crespi, Mario Gabriel
Mg. Ing. Cruz, Eugenio Rubén
Mg. Ing. D´Onofrio, María Victoria
Mg. Lic. Daniel Martínez Llana
Esp. Ing. Dipietro Ángel Rodolfo
Mg. Ing. Dos Reis María Rosa
Mg. Ing. dos Santos Claro, Fernando
Esp. Ing. Erck Isolda Mercedes
Mg. Lic. Esteves Ivanishevich María José
Esp. Adm. Fernando De Jesús Franco Cuartas
Esp. Ing. Ferreira, Fabiana
Mg. Lic. Ferreri, Noemí María
Dr. Ing. Ferreyra Diego Martín
Mg. Ing. Flores Bashi Carlos Antonio
Dr. Lic. Fornari Javier
Dr. Ing. Fracaro, Anahí
Mg. Ing. Franco Chiodi
Lic. Gallegos María Laura
Esp. Ing. García Alejandra Ivana
Lic. Georgina Rodríguez
Mg. Ing. Geraldina Roark
Mg. Lic. Gómez, Daniela Nora
Esp. Ing. Gon Fabián Rodolfo
Esp. Ing. González Gustavo Jaime
Dr. Ing. Granillo Macias Rafael
Dr. Ing. Gutiérrez Cacciabue Dolores

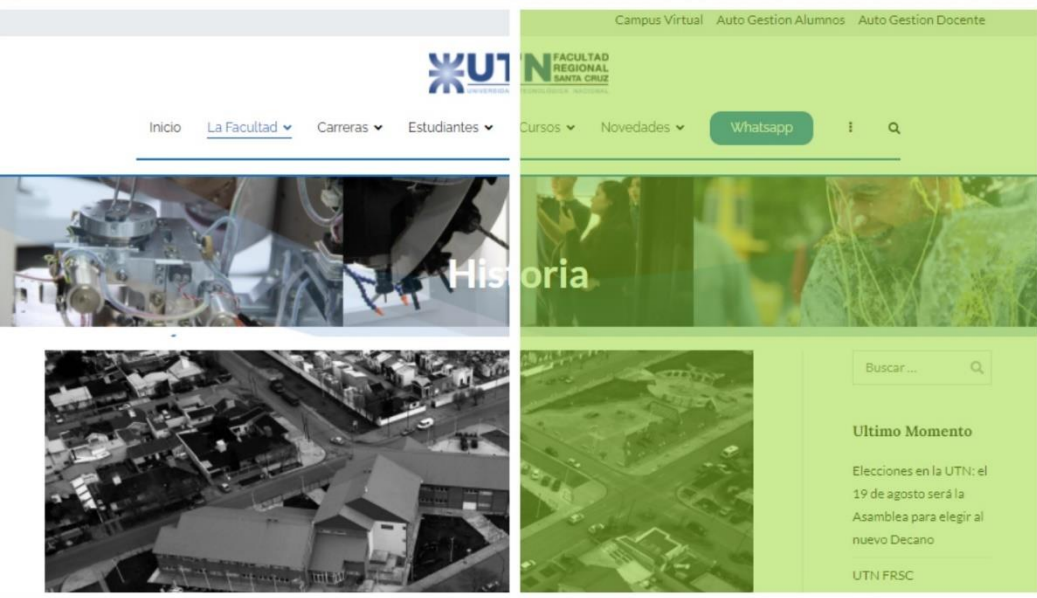
Mg. Ing. Morcela, Antonio
Mg. Ing. Neira Rodolfo Neirra
Mg. Lic. Noelia Morrongiello
Dr. Ing. Onaine, Adolfo Eduardo
Mg. Ing. Orlandi, Luis
Mg. Lic. Otero, Margarita
Dr. Lic. Pantoja Carhuavilca Hermes Yesser
Mg. Ing. Pendón Manuela
Mg. Ing. Pérez Juan Andrés
Mg. Ing. Pita, Guillermo Oscar
Esp. Ing. Posluszny Lucio
Esp. Ing. Rezzonico Ricardo
Esp. Arq. Risetto Miguel Ángel
Dr. Ing. Rossetti, Germán
Dr. Ing. Ruvalcaba Loecelia
Dr. Ing. Salazar Fernando
Dr. Ing. Salimbeni Sergio
Mg. Ing. Sebastián Laguto
Ing. Segarra Marinetti Melany
Mg. Ing. Senn Jorge
Dr. Ing. Suarez Fuentes Juan Cancio
Esp. Ing. Tabone, Luciana Belén
Ing. Thames Cantolla, Martin Ignacio
Mg. Ing. Toncovich, Adrián Andrés
Esp. Ing. Urrutia Silvia Beatriz
Esp. Ing. Vaquer, Alejandro
Esp. Ing. Vecchi, Carlos Adrián
Mg. Ing. VELA, Julián E.
Dr. Ing. Viel Jorge Eduardo
Esp. Ing. Villanueva, Bárbara M.
Mg. Ing. Walas Mateo, Federico
Ing. Willson Victoria
Dr. Lic. Zanfrillo Alicia
Mg. Ing. Zárate Claudia

Moderadores

Ing. Aquindo Walter
Ing. Barón Iván
Ing. Boloqui Ignacio
Ing. Boschín Edgardo
Ing. Coffone Aníbal
Ing. Garino Gerardo
Ing. Genovese Felipe
Ing. Lladser Lucía
Periodista Maldonado Ofelia

Periodista Martini Luis
Ing. Morbidelli Ariel
Ing. Morcela Antonio
Ing. Pietrelli Lucas
Ing. Quiles Ángel
Arq. Risetto Miguel
Ing. Romani Bruno
Ing. Romero Jérica
Ing. Sáenz Juan Ignacio

sponsors



BODEGAS
BIANCHI
DESDE 1928





aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS
DE INGENIERIA INDUSTRIAL



AACINI

68 suscriptores

PÁGINA PRINCIPAL

VIDEOS

LISTAS DE REPRODUCCIÓN

CANALES

Presentación AACINI



Presentación AACINI

57 vistas • hace 2 meses

¡Bienvenidos a n
acercaremos l
(ASOCIACIÓN
INDUSTRIAL
INGENIERIA
Ingeniería
Carreras



Suscribase a nuestro canal de
youtube y visite nuevamente su
ponencia favorita

...del futuro

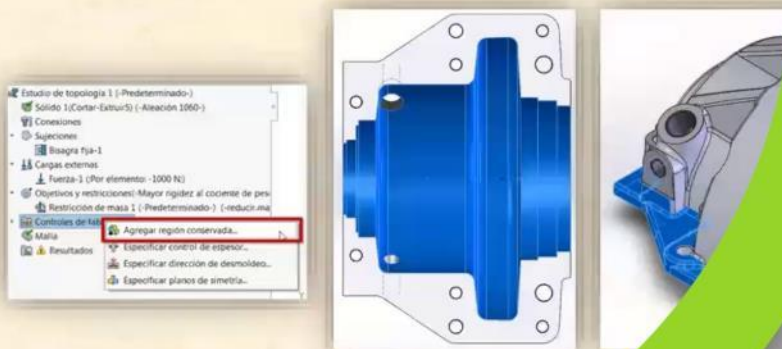
Trabajos presentados

Modalidad mixta,
presentaciones pregrabadas
y ronda de preguntas y
respuestas sincrónica.

COINI 2020
XIIIº Congreso Internacional de
Ingeniería Industrial

v. Reducción de porcentaje de masa
✓ Esto se trata de un *Valor de Restricción*

vi. Definición de una Región Conservada
✓ Geometría de la pieza que debe permanecer
invariable debido a su funcionamiento en
ensamblaje.



vi. Selección de región

Métodos y Mate

Placa Raspberry Pi 3 model



Métodos y Materi

Elección de la cámara digital



itech modelo C270 resolución 720

A screenshot of a web interface for the COINI 2020 event. The header shows 'COINI 2020' and 'LUNES 19 | SALA PL'. Below the header are logos for 'VirtualEd Patrocinador Tecnológico', 'KUTN', 'BIANCHI', and 'TASSAROLI'. A navigation menu on the left includes 'PROGRAMACIÓN', 'REVIVI LAS SALAS PLENARIAS ANTERIORES', 'ENTREVISTA A DIRECTORES', and 'MATERIAL AUDIOVISUAL PARA MUJERES'. On the right, there is a video player showing a man in a suit speaking, with the COINI.0 logo in the top left corner of the video frame.



Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental,
Higiene y Seguridad Industrial,
Responsabilidad Social Empresaria

	Título del Trabajo	Código
	Implementación de un SGen en una PyME	CO20-A02
	Optimización de variables para procesos sustentables aplicando lógica difusa	CO20-A03
	Método para el control de frecuencias de paso del sistema de Transporte Público de Pasajeros de la ciudad de Santa Fe	CO20-A04
	Aplicación de medidas de eficiencia energética a través de nuevos patrones de consumo en la región más poblada de Argentina	CO20-A05
	Gestión de residuos en establecimientos de salud durante la emergencia sanitaria (Covid-19)	CO20-A06
	Impacto de la aplicación de buenas prácticas en el uso de calefacción tradicional y renovable en la Patagonia Argentina	CO20-A07
	Empresas excelentes: Herramientas usadas	CO20-A08
	Estrategia para el control estadístico de calidad de un proceso multivariado. Estudio de casos.	CO20-A09
	Enfoque basado en riesgos aplicado a un Laboratorio de Informática Forense	CO20-A10
	Análisis de las condiciones de protección trasera de los vehículos remolcados en la provincia de Santa Fe	CO20-A12
	Optimización de la calidad de la producción textil animal aplicando algoritmos de aprendizaje profundo	CO20-A13
	El ecoetiquetado como política pública clave para la ratificación del Acuerdo de Asociación Estratégica MERCOSUR - UE	CO20-A14
	Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires	CO20-A15
	"Educación - Gestión - Energía" Gestión integral de una Solución	CO20-A16
	Análisis del problema de ruteo de vehículos con consideraciones ambientales	CO20-A17
	Optimización de los métodos de purificación y mantenimiento de Scenedesmus acutus para obtención de biomasa con diversas aplicaciones.	CO20-A18
	Manejo responsable de los xantatos para asegurar la sostenibilidad de las industrias mineras en Latinoamérica	CO20-A19
	Efecto en el desempeño de las "Cartas de Control Shewhart por variables", al realizar mediciones con métodos de muy baja apreciación.	CO20-A21
	Valuación de Máquinas por el método del OEE (Overall Equipment Effectiveness)	CO20-A22
	Reflexiones en torno al teletrabajo y su marco legal.	CO20-A23
	Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación	CO20-A24
	Importancia del modelo de gestión de infraestructuras pesqueras para garantizar su operatividad	CO20-A26
	La certificación de saberes técnicos y trayectorias laborales en el marco del Programa Certificación de Oficios de la UTN Facultad Regional Delta	CO20-A27
	Contaminación acústica. El caso de la ruta provincial N°4, en los partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría	CO20-A29
	Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza	CO20-A30

Implementación de un SGen en una PYME

Marco MASSACESI*

*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
CP: 2000 soadar@fceia.unr.edu.ar / ingmassacesi@gmail.com

RESUMEN:

El siguiente trabajo tiene por objetivo demostrar brevemente las características en implementar un Sistema de Gestión de la Energía (“SGEn”) basado en la norma ISO 50001:2011 en una PyME manufacturera de heladeras comerciales en Rosario, Argentina. El proceso comenzó hacia inicios del 2017 con la aplicación de las secciones de la norma, su inclusión con ISO 9001 y, fundamentalmente, la incorporación en los hábitos de la planta. Integrando ambas normas se elaboró el Sistema Integrado de Gestión (“SIG”), el cual permitió llevar adelante actividades para el monitoreo de la calidad y a su vez la aplicación de medidas de uso racional de la energía y eficiencia energética, por mencionar los más destacados. En el aspecto técnico, se ejecutaron inversiones de casi nula y baja escala, figurando en ellas necesidades del SIG y de la empresa. Entre los resultados más destacados, se tiene que las mejoras en el desempeño energético en el 2019 fueron del 10% y 2% de energía eléctrica y de GLP respectivamente; por otro lado, las sensibilizaciones y capacitaciones hacia el personal de todas las jerarquías permitió la visibilidad de temas referidos a la sustentabilidad ambiental de la industria y el impacto de cada uno en la misma.

Palabras Claves: Gestión de la Energía. Eficiencia Energética. ISO 50001. PyMEs.

ABSTRACT:

The following work aims to briefly demonstrate the main characteristics about the implementation of an Energy Management System (EnMS) on an SME based on the ISO 50001 standard. This SME manufactures commercial refrigerators in Rosario, Argentina. The whole process began towards the beginning of 2017 with the gradual application of all the sections of this standard, its inclusion with the ISO 9001:2015 standard, and, fundamentally, the incorporation of the different methods and habits in the plant. Integrating both standards, the Integrated Management System (IMS) was developed, which allowed both activities to be carried out in for quality monitoring and the application both of rational use of energy and energy efficiency measures, among the most relevant ones. On the technical side, near-zero and low-scale investments were implemented, both comprehending IMS and EnMS needs. Among the most outstanding results, it has been that energy performance improvements in 2019 were 10% and 2% of electricity and LPG, respectively; on the other hand, awareness-raising and training towards staff from all hierarchies allowed the visibility of issues related to environmental sustainability of this industry and the impact of each member on it.

Keywords: Energy management, Energy efficiency. ISO 50001. SMEs.

1. INTRODUCCIÓN

Mondino SRL es una PyME familiar nacida a mediados de 1980. Siempre, desde un inicio, se dedicó a la fabricación de heladeras comerciales como herramienta para la satisfacción de necesidades de sus clientes. Con el tiempo este criterio se fue perfeccionando, desarrollando así un catálogo de productos de diversa índole y atendiendo a múltiples necesidades de los rubros relacionados.

Hacia noviembre del 2016, una consultora ofreció el servicio de implementación de ISO 9001:2015 e ISO 50001:2011 a través de un crédito otorgado por la Secretaría de Emprendedores y PyMEs. A partir de esta situación la Gerencia responde positivamente y empieza todo el proceso.

La principal motivación de Mondino SRL en implementar un SIG fue como un desafío propio en la visión del gerente general. Si bien hace unos años ya se había contado con ISO 9001:2008, la realidad es que se aprovechó esta oportunidad para revisar hábitos, re-estandarizar anteriores y nuevos, así como procesos, e iniciar un camino de mejora.

Ya definido el proyecto, a partir de esa fecha, en conjunto con la consultora, se fueron diseñando, redactando y ejecutando todos los procedimientos necesarios que compondrían el Sistema Integrado de Gestión (en adelante, "SIG").

2. PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS Y MÉTODOS

2.1. Ciclo PHVA aplicado a la norma ISO 50001:2011

La norma ISO 50001 proporciona los requisitos, con orientación para su uso, que debe cumplir un sistema de gestión de la energía basado en este estándar. Así, un sistema de gestión de la energía es un conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos [1]. A menudo se la confunde con una norma de eficiencia energética, pero tal expresión es equivocada: esta es una norma de gestión de la energía basada en el desempeño energético.

Concretamente, la metodología propuesta por las normas ISO que refieren a sistemas de gestión es el ciclo PHVA, conocido como círculo de Deming. Así, para la norma ISO 50001:2011 cobra la siguiente interpretación:

Tabla 1: Resumen del círculo de Deming a la gestión de la energía

Etapa	Descripción
PLANIFICAR	Se define la Política Energética (fundamental para el SIG), se lleva adelante la Revisión Energética, se programan mediciones, se realiza una auditoría energética inicial, se establecen las Líneas de Base Energética y los Indicadores de Desempeño Energético. Con toda esta información se definen las Oportunidades de Mejora, y luego se seleccionan cuáles se realizarán. Estas serán los Planes de Acción que permitirán alcanzar los Objetivos Energéticos. Aplica de manera semejante para ISO 9001:2015. A esta etapa le corresponde la redacción de los procedimientos involucrados, así como la definición de los responsables y registros de donde se obtendrá la información.
HACER	Busca implementar procedimientos y procesos regulares para gestionar y mejorar el desempeño energético. Se ejecutan los planes de acción, se llevan adelante las mediciones de variables energéticas y/o de proceso, los mantenimientos, las reuniones del Equipo de Gestión y lo referente a Recursos Humanos, Compras y Diseño.
VERIFICAR	Se realiza el seguimiento, monitoreo, medición y análisis de los indicadores y se evalúan con los resultados de las Líneas de Base proyectadas. Esto permite definir el orden de magnitud de los distintos ahorros. Se detectan las No Conformidades del SGen y se resuelven. Si corresponden, se incorporan a los procedimientos ya establecidos. A esta etapa le corresponde la realización de la auditoría interna.
ACTUAR	Es la toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético según resultados. Aquí se ejecuta la Revisión por la Dirección, en donde se hace un análisis del estado del sistema de gestión y del desempeño energético (no conformidades, indicadores, ahorros, mejoras concretadas), se definen las necesidades de recursos y se dejan establecidos los lineamientos del sistema para el período siguiente.

Fuente: elaboración propia según todas las referencias.

La integración de los elementos de la norma se resume en la figura 1:

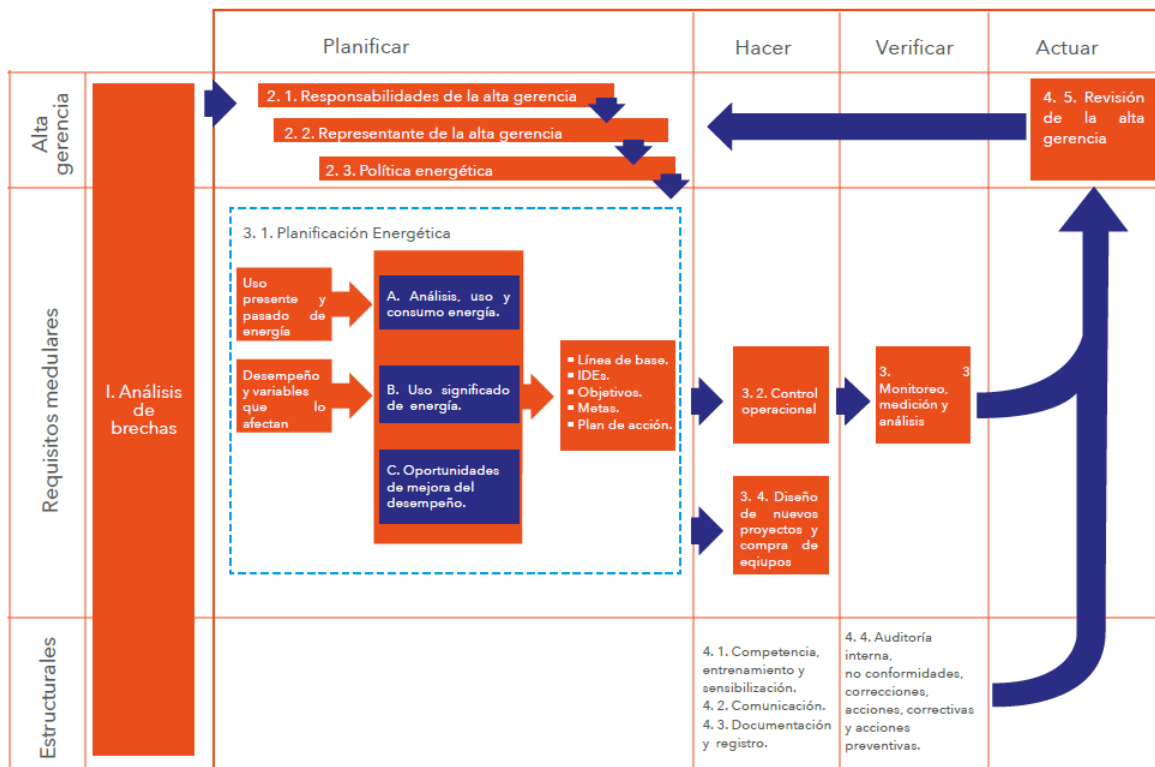


Figura 1: Ciclo PHVA aplicado a un SGE según sus requerimientos [2].

2.2. Breve descripción del equipamiento de la planta

Las heladeras fabricadas son del estilo de panel sándwich, cuyo interior es espuma de poliuretano y el exterior son chapas de acero. Brevemente, la descripción del proceso de producción es el siguiente: se corta la chapa mediante guillotinas, se la punzona y pliega en la pestañadora y plegadoras; se arma el panel (con la pieza exterior e interior respectivamente), se coloca en las prensas calefactoras, se inyecta la espuma y se deja curar la misma. Cada prensa calefactora posee una pequeña caldera de calentamiento de aceite mediante GLP vaporizado por red. Luego del curado de la espuma se limpian los paneles y se procede al ensamble (este último mediante herramientas neumáticas manuales). En paralelo se desarrollan las bases de cada heladera, así como las parrillas; eventualmente piezas de acero pueden ser soldadas según el modelo. Todo está alimentado mediante energía eléctrica.

En términos generales, la empresa consume energía de la siguiente manera:

- Energía eléctrica (EE): alimenta a la totalidad de los dispositivos, tanto de oficina como fundamentalmente de planta. En este sentido se dispone de: un compresor a tornillo, guillotinas, plegadoras, punzonadoras, pestañadoras, prensas calefactoras de pistones hidráulicos, soldadoras, ingleteadora y sensitiva.
- GLP: se utiliza exclusivamente para el calentamiento del aceite que fluye por el interior de los platos de las prensas calefactoras.

Por tal, los vectores energéticos principales para el funcionamiento son la energía eléctrica adquirida a EPESF¹ y el GLP² comprado a discreción a la distribuidora. Estos vectores, en términos generales, son parte de los medios para lograr la fabricación de unidades, objetivo de la unidad de negocio.

¹ Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe.

² Gas licuado de petróleo.

2.3 identificación de los usos y consumos

A partir de la Revisión Energética, se realizó un relevamiento de todos los dispositivos, potencias, factores de carga, rendimientos, entre otros. El objetivo de ello es poder definir cuáles son los Usos Significativos de la Energía³, así como el consumo asociado. Considerando un bimestre promedio se obtuvieron los siguientes valores (por criticidad “Neumática” constituye un uso aparte):

Tabla 2: Usos y consumos relativos de energía eléctrica para un bimestre promedio.

Usos	Participación [%]
CORTE	20,72%
PLEGADO	21,39%
INYECCIÓN DE POLIURETANO	19,96%
NEUMÁTICA	19,46%
HERRERIA	4,46%
EQUIPAMIENTO/PRUEBA	0,27%
ARMADO Y LIMPIEZA	2,20%
SERVICIOS TOTALES	9,26%
OFICINA TÉCNICA Y ADM / ALMACEN	2,29%

Fuente: elaboración propia.

Se indica que el consumo exclusivo de GLP son las prensas calefactoras, por lo que el uso único es “calentamiento de aceite para inyección de poliuretano”.

2.4. Mediciones de variables energéticas

La norma aborda la realización de un plan de medición energética apropiado al tamaño y complejidad de la organización y a su equipamiento de seguimiento y medición (punto 4.6.1 de la norma, [1]).

La escala de la planta es muy modesta. La empresa está formada por únicamente treinta empleados, de los cuales veinte son operativos y el resto comprenden las oficinas comercial y técnica. En esta situación, la energía no es un factor de participación elevada en sus costos, resaltando aún más que la idea de implementar esta norma es más un desafío personal que un requerimiento organizacional. Dado lo anterior, no fue necesario un monitoreo de las variables de energía y/o de proceso, salvo precisos puntos de la instalación, como la medición de la presión en el sistema de generación de aire comprimido o la de la temperatura a través del pirómetro que controla la caldera de cada prensa y define la activación del encendido de la misma. No obstante, tales mediciones no suministran información a una base de datos o permite su análisis de manera aislada.

A partir de esta situación y con el requerimiento de la norma fue necesario realizar mediciones. Mediante la definición de las fuentes de energía antes mencionadas se resolvió medir el consumo de energía eléctrica, por un lado, y una visualización termográfica del encendido de las prensas por el otro, siendo este último ejecutado en otoño y replicado en invierno para evaluar comportamientos.

2.4.1 Medición eléctrica

Se contrató un servicio profesional compuesto por un ingeniero electricista y un técnico electrónico para la instalación de un analizador de red marca “Fluke” modelo 1735 para el registro de los valores de calidad eléctrica y consumo de la misma durante un día reloj. El monitoreo comenzó el 06/07/2017 a las 15 hs y finalizó a la misma hora al día siguiente.

Durante la mañana del día 07/07/2017 se llevó a cabo la siguiente experiencia: antes del inicio de la jornada comenzó a encenderse distintos dispositivos para ver su impacto en el registro: primero iluminación, luego compresor, sigue la guillotina, punzonadora, plegadora y finalmente pruebas varias en estas máquinas-herramienta con chapas de diferentes espesores. El objetivo era tratar de estratificar escalonadamente los consumos a medida que se iban encendiendo.

La salida del instrumento, el cual contaba con su certificado de calibración vigente (requisito por norma) arrojó una serie importante de parámetros, entre los cuales se tiene, de manera directa, las tensiones y corrientes de cada fase, las cuales se completan con cálculos para obtener: factor de potencia, coseno de phi, energías activa, reactiva y aparente, potencias activa, reactiva y aparente, nivel de armónicos de corriente y tensión, entre otros.

Se ilustra el registro de la potencia y los principales eventos asociados:

³ Uso de la energía: forma o tipo de aplicación de la energía. Uso Significativo de la Energía: uso que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético [1].

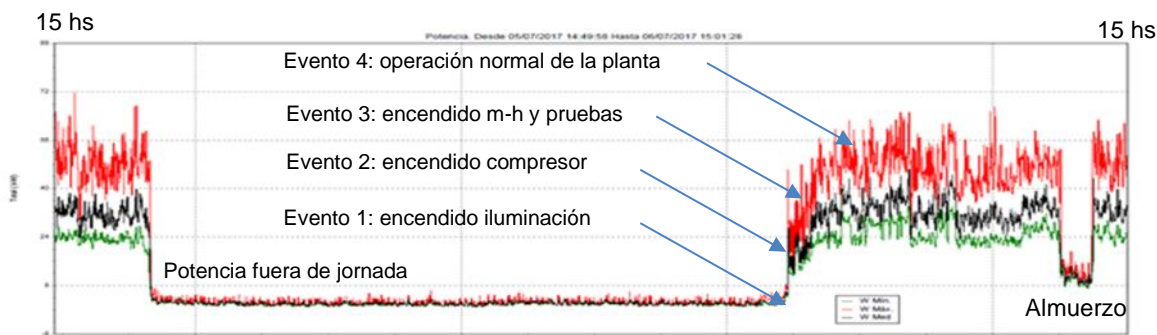


Figura 2: potencias registradas entre el 06/07/2017 y 07/07/2017. Fuente: salida del analizador Fluke 1735.

Si bien la resolución de la imagen puede no ser suficiente para percibir los movimientos en el consumo, esta medición arrojó lo siguiente:

- Permitió demostrar mediante números la percepción que todo el personal tenía con respecto al compresor (que consumía “bastante” energía, lo cual queda en parte respaldado por la tabla de los Usos). Por tanto, toda medida relativa a un mejor desempeño del mismo representa un ahorro en el consumo energético. Esto dispara tres líneas de trabajo: por un lado, la importancia del mantenimiento preventivo en el compresor; por otro, el mantenimiento de todo el sistema de aire comprimido (reparación de fugas, acoples, mangueras, reguladores); finalmente, una mejora en el uso del aire comprimido, lo cual debe abordarse desde el uso racional de la energía.
- Durante la noche quedan dispositivos de seguridad, computadoras en stand-by y dispensers de agua caliente y fría enchufados. Hasta la medición no se tenía certeza de cuánto representaba, pero con este registro se puede evidenciar el consumo de tales equipos, de entre los cuales los dispensers son a priori los dispositivos que más consumen. En total, la potencia se sitúa alrededor de los 3 kW, por lo que diariamente son consumidos 42 kWh. Esta información es fundamental para el desarrollo de medidas tendientes a desconectar estos equipos, al menos los dispensers, que no tienen utilidad alguna mientras no haya consumo (puede argumentarse que las cámaras de seguridad y las computadoras encendidas para acceso remoto son requeridas).

Considerando que el día de la muestra es representativa de la población⁴, la potencia consumida por la planta es “relativamente” aceptable. No obstante, con la información brindada por la Figura 2 no alcanza a evidenciarse cuál es el factor de carga de la planta. Para ello se necesario construir la curva monótona de la planta a partir de la misma información, pero dispuesta de otra manera. Así:

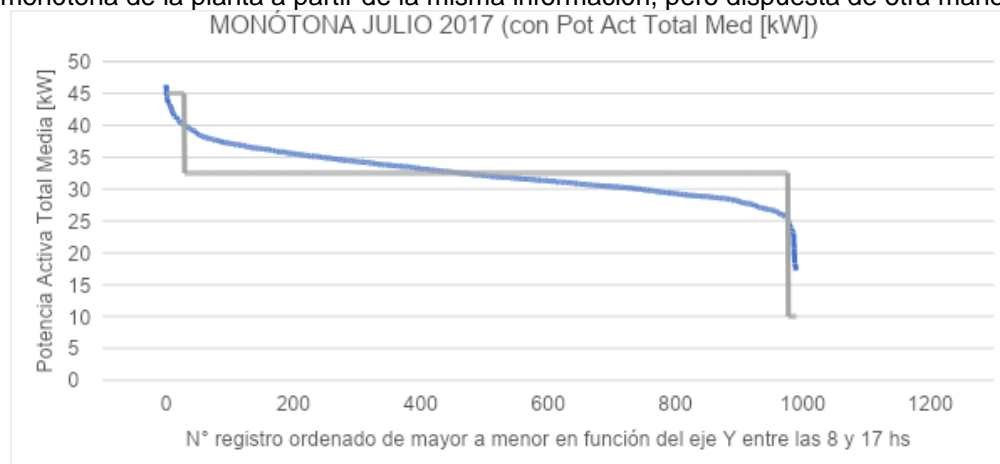


Figura 3: curva monótona con los datos relevados. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de salida.

Como puede observarse, más de un 95% del día la planta se encuentra trabajando a 33 kW aproximadamente. Si la potencia instalada se encuentra sobre los 130 kW, podría indicarse que el factor de planta resultaría de 33 kW. No obstante, hay elementos que consumen energía y no contribuyen a la productividad de la planta (lo que se conoce como “carga base”).

Por cuestiones de confidencialidad no son brindados mayores datos de la salida del medidor.

⁴ Excede los límites del presente trabajo.

2.4.2 Mediciones con termografía

Se contrató un servicio profesional compuesto por un doctor en física y un ingeniero electrónico para la realización de esta experiencia realizada en mayo y agosto del 2017. El objetivo buscado fue el de analizar, durante la puesta a punto y encendido de una prensa, el comportamiento térmico de la misma. De esta manera se buscó determinar si había transmisiones de calor hacia el medio que sean significativas, fundamentalmente en los momentos menos cálidos del año, y, como resultado, también realizar una comparación entre dos estadios de la temperatura ambiente (propias de cada mes). El procedimiento fue el mismo en ambos, y se describe brevemente a continuación:

- Encender las cámaras y destinar una convencional a filmar toda la experiencia.
- El día anterior a cada fecha deberá dejarse vacía la prensa X nueva y con los platos separados.
- Antes de encender la caldera, tomar una foto a la prensa, a los flexibles y a la bomba de recirculación de aceite; asimismo se procederá a la medición de la temperatura ambiente.
- Cerrar los platos y encender la caldera.
- Hasta alcanzar la temperatura de corte (45°C), se tomarán fotos de la prensa cada intervalo a definir.
- Alcanzados los 45°C se tomarán fotos adicionales a los flexibles y a la bomba de aceite.
- Una vez que se detenga la caldera se procederá a una rutina de inyección de espuma normal, sólo que ocupando la mayor superficie en todos los platos. Los mismos se abrirán y luego se cerrarán una vez llenos. Durante este procedimiento no se interrumpirá la toma de fotos.
- Proceder a la inyección mientras se continúa tomando fotos.
- Una vez retirados los paneles, se cerrarán los platos y luego se apagará la prensa.
- Se tomarán fotos (en intervalos a definir) hasta que la prensa alcance una temperatura que permita determinar el cese de la experiencia (dentro del rango definido entre la temperatura ambiente y la temperatura de corte de caldera).
- Se procederá luego al trabajo analítico y estudio de todas las imágenes y filmaciones

Para lograrlo, el equipo externo a la planta se valió de los siguientes instrumentos: Cámara infrarroja, Termocuplas PTC100 "Novus", Higrómetro "Novus", Puntero Láser Térmico, Cámara fotográfica y Pinza amperométrica.

Las termocuplas (sensores pinche "Novus") se distribuyen de la siguiente manera (los platos se cuentan de abajo hacia arriba y las cavidades de los tornillos de izquierda a derecha; los valores se registraron mediante data logger):

TC1: tercer plato, sexto tornillo	TC2: cuarto plato, cuarto tornillo
TC3: segundo plato, cuarto tornillo	TC4: primer plato, cuarto tornillo
TC5: entrada de la caldera	TC6: salida de la caldera
TC7: segundo plato, tercer tornillo	TC8: temperatura ambiente

Se ilustra a continuación la ubicación de cada termocupla:

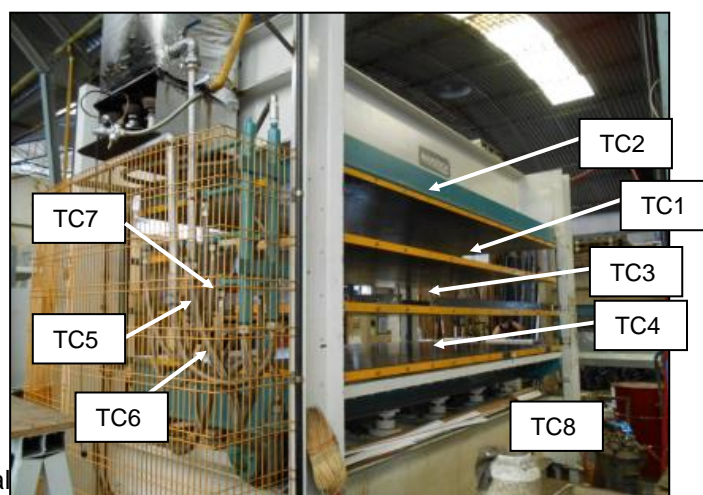


Figura 4: Ubicación en prensa

de las termocuplas calefactora.

La apertura inicial aproximadamente

de los platos era de 250 mm.

Por cuestiones de extensión del informe, sólo se presentará una imagen termográfica:



Mondino

Archivo: IR_00245.BMT Fecha: 17/05/2017
 Tipo de objetivo: Angular 32° N° serie objetivo: 4294967295 Hora: 9:43:37

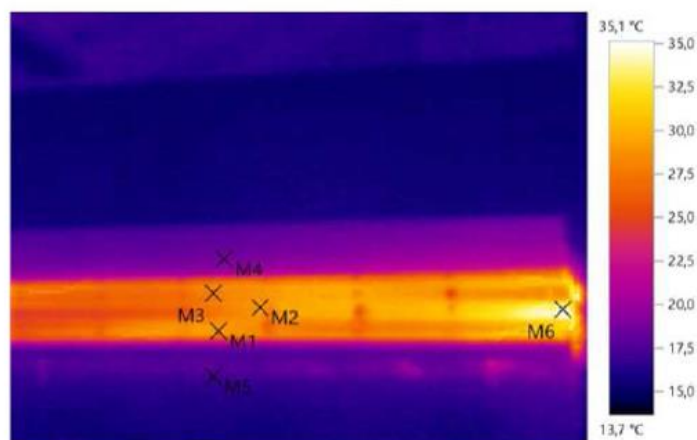


Figura 5: Imagen termográfica de la prensa con los platos cerrados

Finalizado el calentamiento inicial, se observa que los platos han alcanzado la temperatura adecuada para comenzar a operar. Es de notarse que, hacia el extremo, en tales platos, la imagen parece indicar la existencia de un punto crítico (o punto caliente) en donde puede acumularse aceite por defectos de la soldadura en la construcción del plato en sí, o la circulación del aceite puede ralentizarse por haber encontrado una obstrucción y su pérdida de carga aún mayor, lo que reduce en cierta medida la velocidad con la que calienta el interior del plato.

En cuanto corte el PLC por medición del pirómetro, la prensa está lista para usarse. Este mecanismo electrónico inmediatamente cierra la válvula solenoide, hasta que la diferencia de temperaturas sea mayor al diferencial preconfigurado y la vuelva a abrir. De esa manera oscilará sobre los 45°C del aceite. A partir de esta idea se observa el impacto, a partir de estas dos muestras de un elemento, de la temperatura ambiente sobre el calentamiento de la prensa y lista para operar:

VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO POR CADA DÍA DEL PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS DE LAS TERMOCUPLAS UBICADAS EN LOS PLATOS

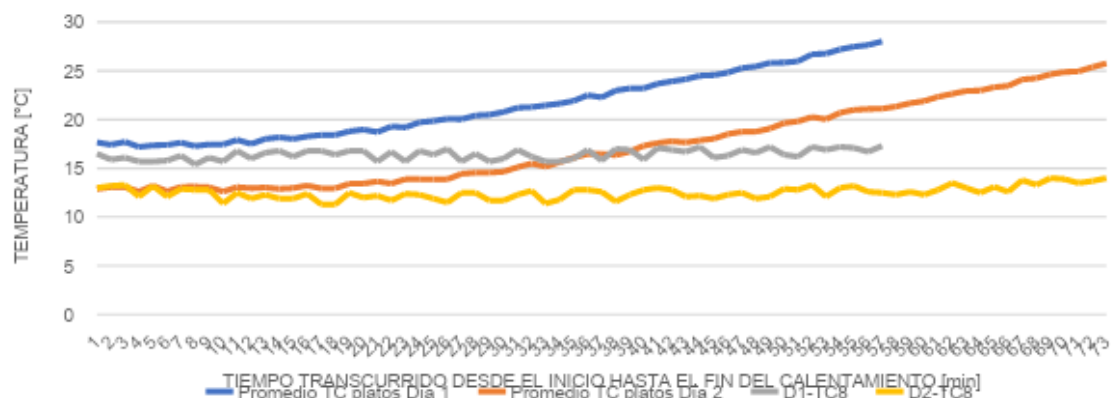


Figura 6: comparación de la velocidad de calentamiento entre otoño e invierno. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 6, se nota una gran diferencia en minutos y en temperaturas para cada medición (D1-TC# y D2-TC#). Para cada termocupla la primera medición arroja un valor de temperatura siempre mayor que para la segunda, discrepancia que se corresponde con la diferencia de temperatura ambiente.

Por otro lado, la primera medición corta a los 57 minutos de iniciada el calentamiento, mientras que en la segunda el corte se produce a los 71 minutos, esto es, 14 minutos de diferencia, o un tiempo de calentamiento mayor en casi 25%. Si bien este valor no parece ser significativo, se lo puede considerar así si se considera que solamente había entre 5°C y 6°C menos de temperatura, por lo que si el invierno fuese más frío (sean olas polares o no por ejemplo), el incremento de tiempo podría ser más significativo, la producción se demoraría, los compromisos correrían riesgos de no cumplirse, a menos que se tomen medidas como iniciar el calentamiento antes o reubicar las prensas todas contiguas y aislar la zonas, ideas previamente comentadas.

2.5. Concepto de línea de base energética e indicadores de desempeño energético. Estimación del ahorro.

Con la información obtenida se elabora la línea de base energética, la cual será la referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético. Tomando el consumo histórico (llamado “período de línea de base”) se determinará la matemática necesaria para proyectar el consumo energético que hubiese tenido la organización sin las intervenciones realizadas a través de la aplicación del SGE_n (conocido como “período de informe”). En adición, también se definen los indicadores de desempeño energético, que serán los consumos por unidad producida para cada vector.

Se define a la mejora del desempeño energético como la diferencia entre la línea de base energética (supuesto consumo sin intervenciones de eficiencia energética) y el valor del indicador del desempeño energético, ambos en función de la/s variable/s relevante/s según la flecha del tiempo. El modelo teórico que refleja esto es el que se muestra a continuación:

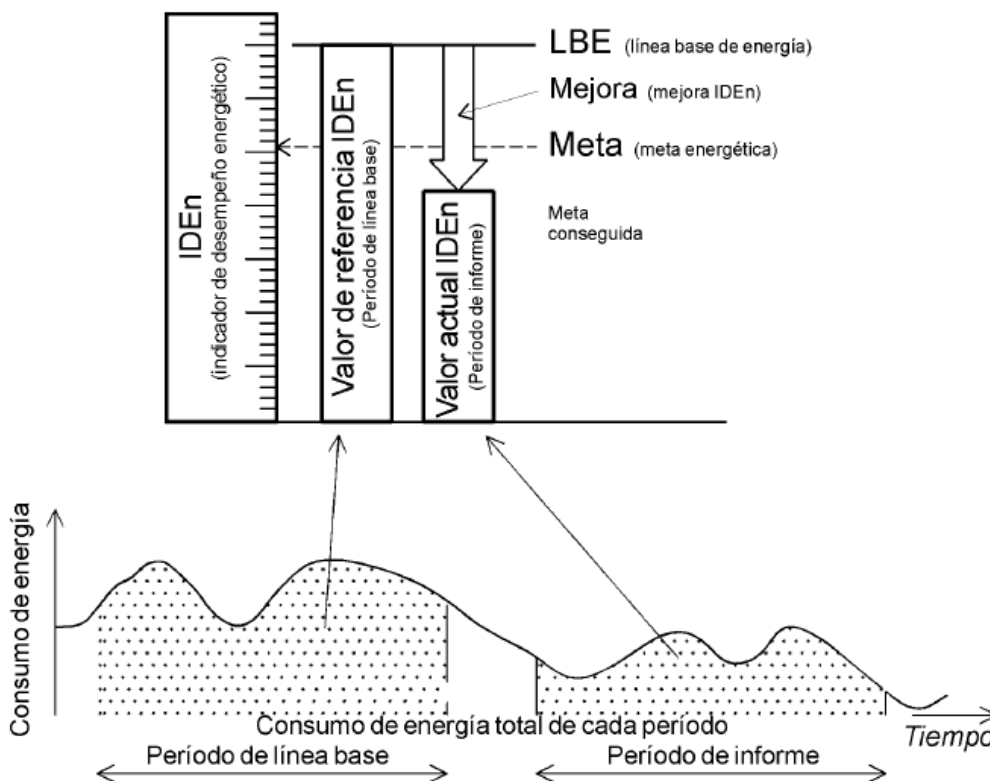


Figura 7: Período de base y de informe en un SGE_n [3]

2.6. Acciones implementadas

En función de los usos, se priorizan las acciones a tomar, tanto por el valor relativo de cada uno, así como el potencial de ahorro a disposición. Dentro de estas acciones se encuentran aquellas referidas al uso racional de la energía y también las de eficiencia energética, por un lado, pero también aspectos de la productividad con potencial de mejora.

El inicio de la implementación marca el punto de divergencia entre el consumo según la línea de base energética y el valor del indicador correspondiente al vector. Nótese que no se trata de ahorrar energía o autogenerarla a partir de fuentes renovables, sino que la mejora del desempeño energético se explica, en este caso, a través de los indicadores: dado que es consumo por unidad producida, la mejora no se obtiene únicamente mediante intervenciones en el plano de la energía, sino también a partir de la productividad en la fabricación. Así, se busca, o bien disminuir el consumo manteniendo la producción, o bien mantener el consumo y aumentar la producción o, en el mejor de los casos, ambas. En cualquiera de los escenarios, lo que se busca es lograr una eficiencia en los consumos. De esa manera se logran reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad, no solamente de manera local, sino en la cadena energética de todos los vectores.

Durante el período 2017-2019 se implementaron las siguientes acciones resumidas, ordenadas en orden ascendente según el nivel de inversión requerido:

Tabla 3: Resumen de las acciones implementadas en el marco del SIG

Mejora...	Frecuencia	Descripción	Nivel de inversión
EE/unidad	Mejora de hábito	Reducción de la presión de servicio y de diferencial del compresor.	Nula
Productividad	Continua	Gestión sobre los reprocesos como parte de la aplicación de ISO 9001.	Nula
EE y GLP	Continua	Sensibilización sobre el uso racional de la energía y cambio climático.	Nula
Productividad	Continua	Sensibilización en hábitos de aprovechamiento de las prensas calefactoras.	Nula
Productividad	Continua	Capacitación sobre el personal respecto a las normas ISO 9001 y 50001.	Nula
EE/unidad	Mejora de hábito	Recambio de iluminación de tubo fluorescente a LED en toda la organización (etapas 1 -2017- y 2 -2019).	Baja
GLP/unidad	Mejora de hábito	Aumento en la frecuencia del mantenimiento de los quemadores en prensas calefactoras.	Baja
EE/unidad	Mejora de hábito	Individualización de sectores para evitar iluminar áreas no requeridas.	Baja
EE/unidad	2021	Instalación de reguladores de presión.	Baja
EE/unidad	2021	Revestimiento de pintura sintética blanca en tragaluces.	Baja
EE/unidad	Continua	Reparación de toda fuga de aire comprimido	Baja
EE/unidad	Anual	Mantenimiento preventivo del compresor	Media
EE (EPESF)	En stand-by	Evaluación de la instalación de 30 kWp de paneles fotovoltaicos para autogeneración del 50% promedio anual.	Alta
GLP comprado	En stand-by	Evaluación de la instalación de termotanque solares para calentamiento del aceite térmicos de las prensas calefactoras.	Alta

Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se presentan a continuación la línea de base para energía eléctrica y GLP:

Línea de base energética IDEn1: EE/unidad

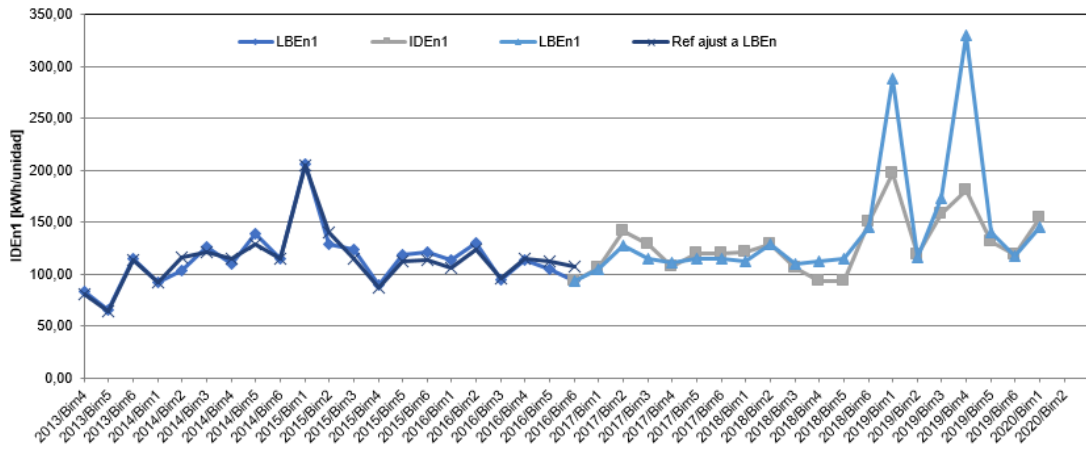


Figura 8: Línea de base energética para el indicador de desempeño energético de energía eléctrica

Como puede observarse en la Figura 8, la curva celeste (consumo esperado) es superior a la gris (consumo real), lo que significa que se produjeron ahorros. De todas maneras, esto no es lineal o inmediato. En el 2019 el ahorro fue de un 10% entre el valor real y el valor esperado, permitiendo en gran parte amortiguar los impactos de la caída de ventas de los rubros principales de la empresa.

Línea de base energética IDEn2: GLP/unidad



Figura 9: Línea de base energética para el indicador de desempeño energético de GLP

Como puede observarse en la Figura 9, la curva verde (consumo esperado) es superior a la amarilla (consumo real) en los meses menos cálidos, lo que significa que se produjeron ahorros; por otro lado, en los meses más cálidos la tendencia se revierte, indicando que restan desafíos por resolver. En el 2019 el ahorro fue de un 2% entre el valor real y el valor esperado, permitiendo en gran parte amortiguar los impactos de la caída de ventas de los rubros principales de la empresa.

4. CONCLUSIONES

Se ha considerado, en la industria, que esta norma, aplica *mejor* a empresas multinacionales o muy grandes. El objetivo de presentar este trabajo es derrumbar ese mito. Si bien en Argentina no hay muchas PyMEs que hayan certificado, en comparación con las de gran porte (a pesar del bajo número de certificaciones en el país [4]), se logra comunicar que se puede llevar adelante en una PyME.

Tal vez los ahorros no sean significativos para la organización en sí en relación con la dedicación de recursos, pero eso no significa que no ayude a mitigar las emisiones contaminantes, por el contrario, se requiere la colaboración de todos los actores en esta emergencia climática.

Como resultado de todo este proceso aquí resumido la empresa certificó ISO 50001:2011 en abril del 2018, en conjunto con ISO 9001:2015.

En enero del 2019 la empresa fue invitada a participar de los “Premios en Excelencia en Gestión de la Energía” (“Energy Management Leadership Awards” [5]), organizado por el Clean Energy Ministerial. Como resultado del puntaje obtenido mediante la presentación de su caso de estudio [6], la empresa recibió el Insight Award [7].

Durante 2018 y 2019 la ex Secretaría de Gobierno de la Energía de la Nación elaboró su propia versión del premio llamado “Premio Argentina Eficiente” adoptando el orden de las organizaciones argentinas en el evento internacional según el puntaje que les fue conferido. En este contexto Mondino SRL obtuvo el 1er premio, coronándose como ganador del certamen 2019.

Se desconoce si, con la nueva gestión nacional, se conservará esta práctica, la cual le confiere un poco de visibilidad a la eficiencia energética, característica que es su mayor debilidad.

5. REFERENCIAS

- [1] IRAM-ISO, «IRAM-ISO 50001:2011: "Sistema de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso",» 2011.
- [2] AChEE, «Guía de implementación de Sistema de Gestión de la Energía Basada en ISO 50001,» Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2013.
- [3] IRAM-ISO, «IRAM-ISO 50006:2014: “Sistema de gestión de la energía – Medición del desempeño energético”,» IRAM-ISO, 2014.
- [4] ISO, «The ISO Survey 2018,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. [Último acceso: 08 08 2020].
- [5] Clean Energy Ministerial, «Energy Management Leadership Awards,» Clean Energy Ministerial, 2019. [En línea]. Available: <http://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/energy-management-leadership-awards>. [Último acceso: 08 08 2020].
- [6] MONDINO S.R.L., «ISO 50001 Energy Management System Case Study: MONDINO S.R.L.,» 02 2019. [En línea]. Available: http://www.cleanenergyministerial.org/sites/default/files/2019-05/CEM_EM_CaseStudy_MONDINO_Argentina.pdf. [Último acceso: 08 08 2020].
- [7] Clean Energy Ministerial, «2019 Energy Management Leadership Awards,» Clean Energy Ministerial, 2019. [En línea]. Available: <https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/2019-energy-management-leadership-awards>. [Último acceso: 08 08 2020].

Agradecimientos

El autor del trabajo desea expresar sus agradecimientos a: Norberto y Daniel Mondino, socios gerentes de Mondino SRL; al Ing. Ernesto Ledesma y al Tec. Gustavo Agnoli por la colaboración en la medición eléctrica; al Dr. Miguel Ángel Lara y al Ing. Federico Mateo por su invaluable aporte de la medición termográfica; y a la Ing. Carolina Pistelli, recurso humano de la consultora, pero fundamentalmente colega, quien colaboró en el desarrollo e implementación del SIG.

Optimización de variables de procesos sustentables aplicando lógica difusa

Xodo, Daniel; Matassa, Marcelo Daniel; Splendiani, Joaquín

UTN Facultad Regional Trenque Lauquen
mdmatassa@hotmail.com

Resumen

La elección de variables para el análisis de procesos sustentables varía de acuerdo a la elección de un tipo de empresa o de Mercado que converjan en un mismo sentido, inversión, recursos, procesos y tratamiento de efluentes, para optimizar el beneficio del medio ambiente y su entorno social, es necesario racionalizar cada proceso y uso adecuado de equipos y sistemas de producción ó elaboración con riesgos asociados a las condiciones de cada región.

Este análisis permite evaluar el uso adecuado y racional de recursos, ponderando y estandarizando los distintos procesos, con aplicación de las normas de calidad como la ISO 9004/2008 y 2009 de sustentabilidad.

Estas variables determinan la evaluación de riesgos que benefician al medio ambiente, y evita pérdidas económicas, de productividad y rendimiento, que condicionan a potenciales productores o inversores. Un análisis predictivo o estadístico resulta útil para cuantificar su incidencia mediante mediciones sistemáticas, el trabajo presenta una alternativa de clasificación de riesgos por área o sector determinado a partir de la combinación de las variables aplicando técnicas de lógica difusa (Fuzzy Logic), con un método Mamdani, permitirá determinar condiciones de riesgo en distintas industrias o emprendimientos.

.Los datos a utilizar es información suministrada por los distintos organismos Estatales y de la oficina de INTA local y recolección de datos rurales.

La aplicación permite relacionar variables de diferente naturaleza, para definir la optimización de lotes y suelos, armando reglas con las combinaciones posibles y los valores que componen cada muestra, por su composición biológica y mineral, y los factores de clima o humedad, utilizando los registros meteorológicos, proporcionados por mediciones de entes oficiales como INTA o productores locales y zonales.

Palabras claves: Variables – Beneficio ambiental - Análisis Sustentable - Riesgos – Lógica Difusa

Abstract

The choice of variables for the analysis of sustainable economy varies according to the choice of a type of company or market that converge in the same direction, investment, resources, processes and effluent treatment, to optimize the benefit of the environment and its social environment, it is necessary to rationalize each process and proper use of equipment and production or processing systems with risks associated with the conditions of each region.

This analysis allows evaluating the adequate and rational use of resources, weighing and standardizing the different processes, with application of quality standards such as ISO 9004/2008 and 2009 on sustainability.

These variables determine the evaluation of risks that benefit the environment, and avoid economic, productivity and yield losses, which condition potential producers or investors. A predictive or statistical analysis is useful to quantify its incidence through systematic measurements, the work presents an alternative risk classification by area or sector determined from the combination of variables applying fuzzy logic techniques (Fuzzy Logic), with a method Mamdani, will allow determining risk conditions in different industries or ventures.

The data to be used is information provided by the different State agencies and the local INTA office and rural data collection.

Key words: Variables - Environmental benefit – Sustainable Analysis - Risks - Fuzzy Logic

1. INTRODUCCIÓN.

Determinar los riesgos asociados a los distintos procesos que realizan las Empresas locales o Zonales, se relaciona directamente a la entrada y salida de los recursos e insumos que intervienen en cada muestra y la naturaleza de cada actividad. Es necesario evaluar con un mismo sistema difuso, para optimizar cada una de las variables en estudio.

1.1. *Objetivo principal*

Determinar el tipo variables que optimicen la economía sustentable de una empresa y los riesgos asociados a las condiciones en cada proceso, aplicando técnicas de lógica difusa.

1.2. *Objetivos complementarios*

Determinar la metodología adecuada para cada muestra en estudio.

2.-. METODOLOGIA:

Agrupar las variables, de acuerdo a su proceso y uso de recursos que influyen en la optimización, para su objetivo.

Asignar magnitudes escalares, para encuadrar a cada muestra en estudio.

Modificar escalas o adaptar las magnitudes escalares, dentro de zonas difusas, para ver en qué proporción se muestra de forma más óptima.

CRONOGRAMA:

1era. Etapa: Etapa descriptiva, asignando a las distintas necesidades de aplicación:

2da. Etapa: determinar las variables en estudio y definir las para cada proceso, su composición física y las características que la componen.

Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

3ra. Etapa: Seleccionar una herramienta aplicando lógica difusa, para determinar con métodos no lineales, los valores óptimos, para promediar las distintas variables en estudio.

4ta. Etapa: Evaluar cada proceso en estudio y asignar los valores, para medir y determinar la comparación observada en cada muestra con la normativa aplicada.

5ta. etapa: Tabular y registrar las conclusiones observadas.

Comparar con la norma de sustentabilidad elegida y ordenar de acuerdo a los resultados, el orden y prioridad de aplicación de las distintas muestras, y las variables en estudio con sus factores y recursos utilizados en cada proceso.

2.1. Metodología de análisis de las variables: Elegimos cuatro variables que influyen en forma directa, para poder clasificar y ponderar la optimización y uso posterior.

2.2 Recursos: Utilizados para entrar a diferentes procesos, definidos como insumos o materias primas de acuerdo a su uso o transformación posterior. Los recursos son clasificados para su aplicación con anterioridad.

Medir el uso de los distintos tipos de recursos aplicados; físicos, técnicos, tecnológicos, económicos, financieros, humanos, etc.

2.3. Procesos: Acciones dinámicas que permiten transformar los distintos insumos o materias primas antes de su proceso de transformación previa clasificación y análisis de su naturaleza o clasificación posterior. Va a ser medido por nivel de madurez o de calidad desarrollada y medida. Evaluar procesos de acuerdo al nivel de estandarización y aplicación de tecnologías aplicados.

2.4. Efluentes: Es la cantidad de desperdicios, sustancias inertes, tóxicas, solubles o sólidas, etc. Que evacuamos de los procesos provenientes de la actividad industrial o agroindustrial que desarrollan y arrojan a la superficie por desagües u otro medio de evacuación.

Evaluación del tipo de efluentes de la empresa, con residuos sólidos, fluidos o líquidos y otros.

2.5. Nivel de madurez: Es una escala de medición para medir el nivel de calidad aplicada para medir el desarrollo y aplicación de los diferentes procesos de una empresa. Se toma como norma de comparación a ISO 9004/2008 y 2009. Análisis sustentable.

El Nivel Principiante:

- Enfoque en Producción y servicio.
- Enfoque no sistemático sin planificación.
- Resultados impredecibles.
- Mejora como reacción a quejas o demandas.

El nivel Proactivo:

- Orientación al cliente.
- Sistema de calidad orientado al cliente
- Sistema de calidad implementado.
- Acciones correctivas y preventivas sistémicas.

Nivel flexible

- Plan estratégico orientado a clientes e inversores.
- Enfoque basado en procesos
- Management efectivo.
- Resultados predecibles.

Nivel innovador.

- Enfoque en los inversores.
- Enfoque de procesos efectivo.
- Resultados consistentes positivos y tendencia sustentable.
- Mejora continua basada en aprendizaje y cultura asociativa.

Nivel sustentable:

- Capacidad para mantener y desarrollar su performance en el largo tiempo.
- Aplicar Control de los procesos con un período preestablecido.
- Establecer el uso de un manual de prácticas que hagan sostenible la actividad.
- Mantener el protocolo de cumplir las normas que previenen el mal uso de recursos.
- Desarrollar políticas que mejoren la aplicación y uso de recursos en forma responsable.

3. Sistemas de lógica difusa:

Utilizar un sistema de Lógica Difusa (FLS) para manejar datos numéricos y lingüísticos a la vez. Este sistema es un mapeo no lineal de un vector de datos de entrada en un escalar de salida. En el caso de un vector de salida, este puede descomponerse en una colección independiente de sistemas "múltiple entrada / simple salida".

La riqueza de la lógica difusa consiste en que hay numerosas posibilidades de manejar lotes de mapeos diferentes. Esto requiere una comprensión cuidadosa de lógica difusa y de los componentes de un sistema de lógica difusa.

Un sistema de control difuso mapea entradas y salidas y sus cuatro componentes: reglas, fusificador, motor de inferencia y defusificador. Una vez que las reglas han sido establecidas, un FLS puede ser visto como un mapeo que puede ser expresado cuantitativamente como

$$Y=f(X). \quad (1) \text{ función de } X.$$

Las reglas pueden ser provistas por expertos o extraídas de datos numéricos. En todo caso, son expresadas como una colección de sentencias IF-THEN. De las reglas se debe conocer:

- Variables lingüísticas en contraposición a los valores numéricos de una variable.
- Mixtas: Son las reglas que utilizan los conectivos “y” / “o” en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar.
- Estados Difusos: Estas reglas no tienen antecedentes Comparativas: Son del tipo “el menor de u, el mayor de v”. Se pueden reformular estas reglas al formato estándar. En este caso: IF u is S THEN v is B, donde S representa el conjunto difuso “el menor” y B representa al conjunto difuso “el mayor”.

3.1. Defusificación

El proceso de defusificación toma el conjunto difuso que es la salida del bloque de inferencia y produce una salida crisp. Es decir, mapea conjuntos difusos en puntos crisp. Muchos defusificadores han sido propuestos en la literatura, sin embargo, no hay bases científicas (ninguno de ellos ha sido derivado de un principio tal como “la maximización de la información difusa” o “la entropía”) consecuentemente para algunos autores, la defusificación es más un arte que una ciencia. Existen diferentes tipos de defusificadores, entre los más importantes se encuentran:

Defusificador Centroide (Centroid)

Determina el centro de gravedad y de B, conjunto difuso mayor y usa ese valor como salida del Sistema de Lógica Difusa. Del cálculo se obtiene:

$$y = \frac{\int_S y \mu_B(y) dy}{\int_S \mu_B(y) dy} \quad (2) \text{ Y= Conjunto difuso mayor}$$

Dónde S denota el soporte de conjunto difuso menor de $\mu_B(y)$: S es discreto, así que y puede ser aproximado con la siguiente fórmula:

$$y = \frac{\sum_S y \mu_B(y)}{\sum_S \mu_B(y)} \quad (3) \text{ Y= Conjunto difuso menor}$$

El centroide posibilita determinar la salida menor, para ponderar la optimización de variables, con el mínimo valor de salida, determina, que tipo de composición y valor tiene cada variable en estudio.

Modelo Difuso de Mamdani

La configuración del modelo difuso de *Mamdani* se muestra en la Figura 1. En esta clase de modelos difusos, las reglas difusas IF/THEN (SI/ENTONCES) son de la forma:

$$R^i : \text{SI } x_1 \text{ es } A^i_1 \text{ y } x_2 \text{ es } A^i_2 \text{ y } \dots \text{ y } x_n \text{ es } A^i_n \text{ ENTONCES } y \text{ is } B^i=0 \quad (4) \text{ Regla difusa}$$

Las principales ventajas del modelo difuso de *Mamdani* se especifican a continuación. Primero, su simplicidad en la representación de las reglas difusas, tanto las premisas como los consecuentes tienen forma de conjunto difuso lo que facilita su interpretación. Segundo, su flexibilidad en la materialización debido a la posibilidad de seleccionar las operaciones del motor de inferencia, del fusificador o defusificador.

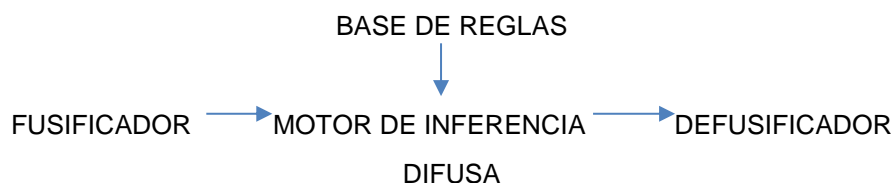


Figura 1. Modelo Difuso de Mamdani.

La principal desventaja de este modelo difuso es que para sistemas complejos no lineales usualmente se requieren muchas reglas difusas “IF/THEN (SI/ENTONCES)”, lo cual hace más compleja su materialización.

1. Los conectores lógicos para variables lingüísticas (y, o).
2. Las implicaciones *IF(SI) a THEN(ENTONCES) b*.
3. Cómo combinar un conjunto de reglas.

El justificador mapea valores numéricos crisp en conjuntos difusos. Es necesario para activar reglas, que están en términos de variables lingüísticas y tienen asociados conjuntos difusos.

El motor de inferencia de un FLS mapea conjuntos difusos en conjuntos difusos, mediante la combinación de reglas “IF/THEN (SI/ENTONCES)”. Como los humanos usan distintos tipos de procesos de inferencia, para entender cosas o tomar decisiones, un FLS puede usar distintos procedimientos de inferencia difusa. El defusificador mapea conjuntos de salida difusos en números crisp. En aplicaciones de control, tales números corresponden a las acciones de control a tomar.

Las formas de las funciones de pertenencia más comúnmente usadas son: triangular, trapezoidal, lineal por segmentos y Gaussiana. Dichas formas son seleccionadas por el usuario arbitrariamente, basado en su conocimiento y experticia. Se obtiene mayor resolución usando funciones de pertenencia sujeta al costo de un aumento en la complejidad de cálculo. Las funciones de pertenencia no tienen que solaparse, pero una de las ventajas de Lógica Difusa es que tales funciones pueden ser diseñadas para solaparse, de tal forma que por ejemplo pueda expresarse que “una puerta está parcialmente abierta o parcialmente cerrada al mismo tiempo”.

Así, es posible distribuir decisiones sobre más de una clase de entrada, posibilita construir Sistemas de Lógica Difusa robustos.

La elección de una herramienta de uso general y de conocimiento en su aplicación, hace que el MATLAB, sea la herramienta para agrupar y ponderar las variables en estudio.

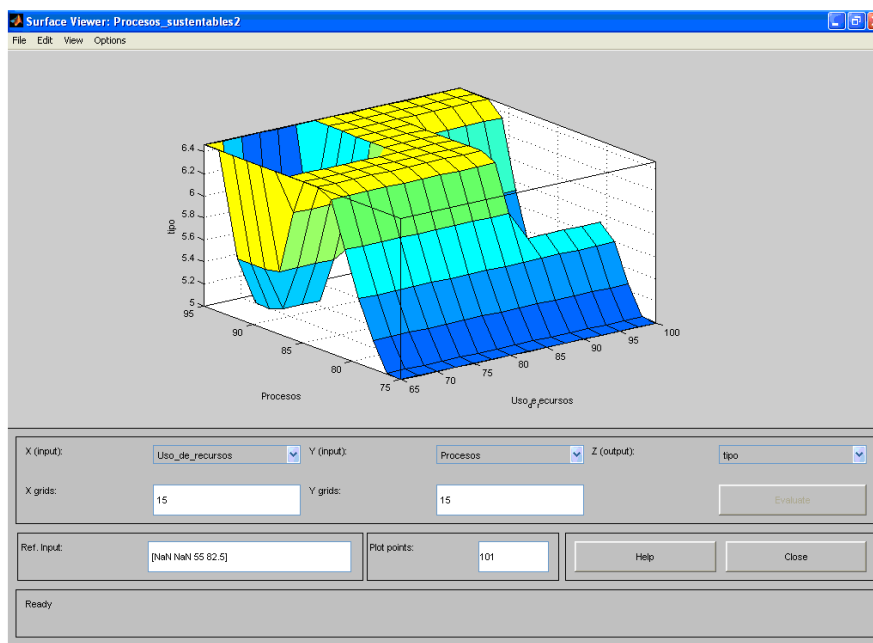


Figura 2. Gráfico de superficie Procesos y Uso de Recursos.

3.2. Matriz

La matriz para justificar las reglas a aplicar en “y” si “y” si “y” si “y” “entonces”:

Tabla N° 1. Variables para armado de reglas difusas

RECURSOS	PROCESOS	EFLUENTES	NIVEL DE MADUREZ	COEFICIENTE DE SALIDA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO

MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIA
BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
NO TIENE	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	ALTO	BAJO	MUY ALTO
BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	MEDIO
MEDIO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO

4. TABULACION PARA LA MUESTRA:

RECURSOS: Tabulamos para aplicar el método del centroide: En porcentajes {1% a 100%}= {1 10} Baja;{0; 1; 2; 3; 4 y 5}

Media: {4; 5; 6 y 7} neutra ó media

Alta: {6; 7; 8; 9 y 10}

PROCESOS: Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {6; 8; 9 y 10}

EFLUENTES: Tabulamos para aplicar

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

NIVEL DE MADUREZ:

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

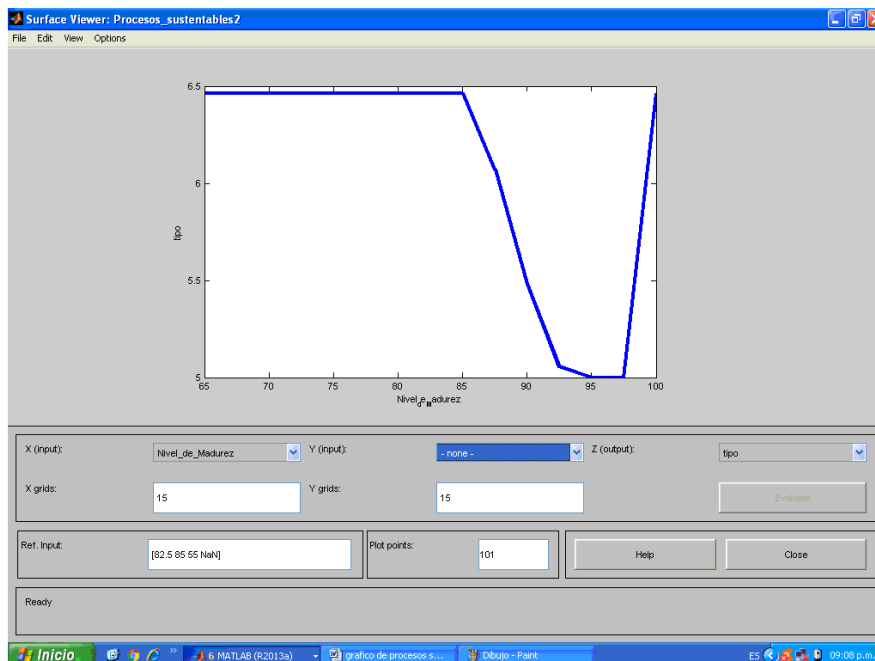


Gráfico 3. Nivel de Madurez.

OBSERVACIONES DE LA MUESTRA:

Se toma para comparar valores de distintas muestras de cuatro empresas al azar. La muestra se mide en las cuatro variables que se describen en los valores propuestos en tabla con salida media 6,46. Con valores MEDIO para medir y comparar cada una de las variables en estudio.

RECURSOS; {60 A 70%}: 65% MEDIO

PROCESOS: {55 A 65%}: 60% MEDIO

EFLUENTES:{60 A 75 %}: 65 % MEDIO

NIVEL DE MADUREZ;{50 A 60%}: 55% MEDIO

DATOS OBSERVADOS:

La muestra nro. 1 es una empresa que utiliza recursos y procesos, con un tratamiento de efluentes y nivel de madurez, evaluando la calidad y estandarización de procesos, con propuesta de mejora.

Variables con variaciones tomadas en porcentajes y medición de salida.

RECURSOS; {60 75 90}: 82% MEDIO - ALTO

PROCESOS: {80 85 90}: 85% MEDIO - ALTO

EFLUENTES:{50 55 60}: 55% MEDIO

NIVEL DE MADUREZ;{50 55 60}: 55% MEDIO

DATOS OBSERVADOS en

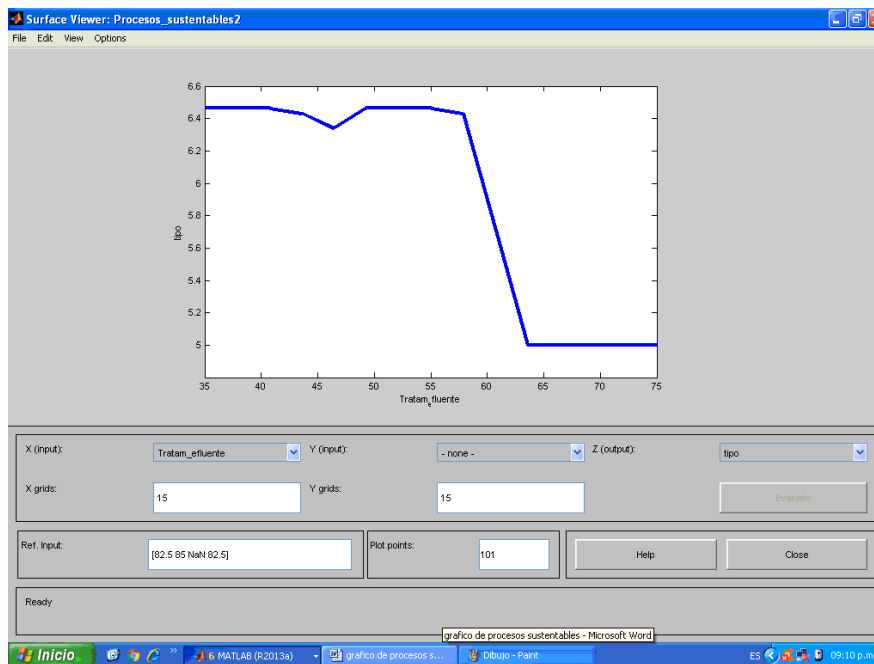


Gráfico 4. Tratamiento de Efluentes.

4.1. **MUESTRA 1:** Se toma la medición aumentado el tratamiento de efluentes y el nivel de madurez, con los valores que muestran las reglas difusas, con RECURSOS y PROCESOS MEDIO – ALTO y aumentamos EFLUENTES y NIVEL DE MADUREZ de MEDIO – ALTO.

If RECURSOS y PROCESOS y EFLUENTES y NIVEL DE MADUREZ then SALIDA BAJA

4.1.a) If {60 a 70% ; 84 a 86% ; 50 a 60% ; 50 a 60%} = 6,46

4.1.b) If {86,3 a 89% ; 84 a 86% ; 85 a 92% ; 85 a 92,50%} = 5,80

4.1.c) If {82.50 a 85% ; 86 a 93% ; 85 a 92% ; 90 a 92,50%} = 5

Promedio 5.80 con salida en baja óptimo 5.

Variación en baja de promedio en centroide bajando de 6,46 (64.6%) a 5,80 (58%) en baja por mayor uso de variables: tomado el nivel de madurez sustentable, con variación de 7.5% a 8,5 % de optimización de promedio.

Aumentando el porcentaje de aumento en procesos y nivel de madurez sustentable baja el promedio de riesgo.

Regla N° 46: Si RECURSOS media “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA media.-

Regla N° 52: Si RECURSOS media “y” PROCESOS alta “y” EFLUENTES alta “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA baja.-

4.2. MUESTRA 2:

RECURSOS: {80 A 85%}: 82,50% ALTO

PROCESOS: {75 A 84%}: 77 % MEDIO

EFLUENTES: {45 A 75%}: 53,30% MEDIO

NIVEL DE MADUREZ: {64.70 A 79%}: 78,20% ALTO

RESULTADO MUESTRA 2:

Evaluando reglas difusas con recursos ALTO

If RECURSOS y PROCESOS y EFLUENTES y NIVEL DE MADUREZ then SALIDA BAJA

4.2.a) If {82.50% ; 80 A 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

4.2.b) If {82.50% ; 80 a 80,38% ; 61.36% ; 70 a 74,40%} = 5,3

4.2.c) If {82.50% ; 80 A 82,50% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

4.3. MUESTRA 3:

RECURSOS: {80 A 85%}: 82,50% ALTO

PROCESOS: {75 A 84%}: 77 % MEDIO

EFLUENTES: {45 A 75%}: 53,30% MEDIO

NIVEL DE MADUREZ: {64.70 A 79%}: 78,20% ALTO

RESULTADO MUESTRA 3:

Evaluando reglas difusas con recursos MEDIO - ALTO:

If RECURSOS y PROCESOS y EFLUENTES y NIVEL DE MADUREZ then SALIDA BAJA

- 4.3.a) If {65 a 75% ; 82,23 a 95% ; 74 a 75% ; 65 a 70%} = 5
 4.3.b) If {75 a 82% ; 80 A 81% ; 78 a 95% ; 73 a 78% } = 6 a 7
 4.3.c) If {82 a 82,50 % ; 80 A 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

RECURSOS: {65; 75; 85 y 95%}: ALTO

La variable RECURSOS no incide con los porcentajes de promedio que componen la muestra.

PROCESOS presenta uso en aumento de 82,23 a 95% para componer las reglas que optimizan el uso de recursos.

EFLUENTES en alta su mayor utilización y uso 74 a 75% y no varía hasta un 78 % promedio 5 y de 78 a 95% sube el promedio a 7.

NIVEL DE MADUREZ: Presenta un aumento de 65 a 70% promedio 5,21.

Las reglas óptimas para muestra 2 y 3 dan como valor promedio de aplicación 6,46 (64.6%) y se da en las siguientes combinaciones de variables: da en baja 5.21 (52.10%) promedio

Regla N° 52: Si RECURSOS no “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA media.-

Regla N° 77: Si RECURSOS no “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ media “entonces” SALIDA media

Regla N° 52: Si RECURSOS no “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES alta “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA baja.

MUESTRA NRO.4:

Evalúamos con recursos MEDIO:

If RECURSOS and PROCESOS and EFLUENTES and NIVEL DE MADUREZ then SALIDA BAJA

4.4.a) If {57 a 58% ; 85% ; 55% ; 82,50%} = 5

4.4.b) If {82.50% ; 80 A 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

4.4.c) If {82.50% ; 80 A 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

REGLAS OPTIMAS:

Regla N° 46: Si RECURSOS media “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA baja.-

Regla N° 51: Si RECURSOS media “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES alta “y” NIVEL DE MADUREZ media “entonces” SALIDA media

Regla N° 109: Si RECURSOS medio “y” PROCESOS alta “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ media “entonces” SALIDA media.-

CONCLUSION: La aplicación de la Norma ISO 9004/2008 y 2009 muestra que el nivel de madurez optimiza en forma constante el uso recursos, procesos y efluentes.

5. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO:

. La herramienta lógica difusa permite relacionar variables de diferente naturaleza, y en escalas distintas de cuantificación, que puede modificar por uso de recursos, procesos, tratamiento de efluentes y Nivel de madurez estimados en las muestras en estudio.

. Hace posible definir en forma escalar las ponderaciones de cada variable, a fin de ponderar y maximizar los valores alcanzados en zonas difusas, definiendo su conjunto de pertenencia o grupo, como se observa la muestra nro.1 con ponderación media de 6.46 y con la mejora de procesos y Nivel de madurez, con la normalización baja a 5 y optimiza recursos.

. Para las muestras escogidas para análisis de los distintos tipos de empresa, reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que más influyen para optimizar su uso o elección.

. Los componentes elegidos en uso de recursos, medición de procesos, condiciones de tratamiento de efluentes para sólidos, fluidos o biológicos, influyen en forma independiente en de cada variable en estudio.

. Las variaciones estacionales y los períodos de tiempo escogidos para cada análisis, son independientes de los resultados obtenidos.

. La defusificación de zonas difusas, que interactúan en la composición del suelo, es independiente de los resultados ponderados, pudiendo modificarse su composición original o los períodos estacionales, tomados en cada muestra. Cada nueva medición está relacionada con los factores que componen la muestra de suelo, aplicando las técnicas óptimas, para selección y uso de cada resultado obtenido.

. Las nuevas técnicas de estudio, abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que modifican la aplicación para usos y aplicación de las diferentes empresas en estudio, que se relacionan en forma directa con las condiciones ambientales y factores del clima, propios de cada lugar.

REFERENCIAS:

- [1] Arredondo Vidal, T. “Introducción a la lógica difusa”06/2012.pdf

- [2] Lázzari, L. Machado, E. y Perez, R. 1999. "Teoría de la decisión Fuzzy". Edic. Macchi Bs.As.03/1998-
- [3] Bonilla, R.M. 2010. "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". Universidad complutense Madrid.2010-2011.
- [4] ISO 9004/2008 y 2009.Aplicaciones y desarrollo de la Normas. España. Versión 9004/2018.
- [5] IRAM. Sistemas de Gestión Ambiental. 2015. ISO 14000 y 14001/2015. Argentina.

Agradecimientos

Depto. Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen – UTN.

Método para el control de frecuencias de paso del sistema de Transporte Público de Pasajeros de la ciudad de Santa Fe

Juan F. Jaurena, Vera Saccone, Virginia Paduan, Diego O. Pereyra,

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe
Lavaisse 610, Santa Fe, Provincia de Santa Fe, cetram@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

Generalmente el Transporte Público de Pasajeros (TPP) se ve altamente influenciado por el tráfico y la infraestructura al encontrarse agregado al tránsito mixto de las mismas. Esta situación genera demoras, pérdida de velocidad comercial, influyendo en la regularidad de prestación del servicio.

Las administraciones que ejercen la autoridad de aplicación y de control, imponen condiciones a la prestación del servicio y usualmente una de ellas son las "Frecuencias de Paso" algunas veces lo hacen para el sistema en general y otras lo hacen para cada línea de transporte dependiendo del grado de profundidad de los estudios técnicos que dieron origen a las regulaciones, muchas de ellas traducidas en pliegos licitatorios como es el caso típico de muchas ciudades argentinas.

Para este trabajo, se toma el de la ciudad de Santa Fe como caso de estudio, que cuenta con regulación de frecuencias horarias segmentadas en diferentes horarios para el TPP. No obstante, las regulaciones carecen de metodología de control de estas y por lo tanto subsisten las controversias sobre cuál es el momento en el cual el prestatario incumple y si realmente se percibe afectada la calidad del servicio por parte del usuario.

Este trabajo propone una metodología tendiente a encontrar una solución a dicha controversia mediante una herramienta que permite considerar la situación de un servicio en infraestructuras de tránsito mixto, la calidad regulada por la autoridad y la requerida o esperada por el usuario.

Palabras Claves: Transporte Público, Frecuencias, Control, Calidad de servicio.

ABSTRACT

Usually, the Public Passenger Transport (PPT) is highly influenced by traffic and infrastructure as it is embedded in their mixed traffic. This situation triggers delays, loss of commercial speed, and influence the normal provision of the service.

The administrations that exercise the authority of application and control, impose conditions on the provision of the service and usually one of them is the "Passage Frequencies", sometimes they do it for the system in general and others, they do it for each transport line depending on the level of knowledge generated in the technical studies that gave origin to the regulations, many of them translated into bidding documents, as it is the most typical case in many Argentine cities.

For this project, Santa Fe city is taken as a case of study, as it has regulations of the hourly frequencies segmented with different times for the PPT. However, the regulations lack a methodology to control these and therefore, controversies remain as to when the borrower does not obey the expectations and whether the quality of the service is actually perceived to be affected by the user or not.

This project proposes a methodology aimed at finding a solution to this controversy through a tool that allows to consider the situation of a service in a mixed traffic infrastructure, the quality regulated by the authority and the quality required or expected by the user.

Keywords: Public Transport, Frequencies, Control, Quality of service.

1. INTRODUCCIÓN.

En el marco del estudio de investigación PID UTN “Desarrollo de una metodología para la implementación de sistemas de carriles exclusivos para el transporte público de pasajeros” Código del Proyecto: TVUTNFE0005348, se realizó un diagnóstico del sistema de transporte de la ciudad de Santa Fe, provincia de Santa Fe, la cual es un caso típico de ciudad de tamaño medio en expansión con una población urbana en el año 2010, de 391.231 habitantes (INDEC) y hacia 2018, las estimaciones indican que la misma ascendió a 423.212 personas (Según Instituto Provincial de Estadísticas y Censos de la provincia de Santa Fe), su sistema de transporte público masivo se realiza mediante 250 autobuses en 16 líneas y 4 ramales de enlace, con más de 480 km de red estática y una cobertura del 83% de territorio urbano.

Del diagnóstico resultó una línea de investigación sobre la situación de las regulaciones de las Frecuencias de Paso de los buses urbanos, su aplicación práctica y la afectación de la calidad percibida por el usuario. Esto se debe a que las regulaciones carecen de metodología de control de regularidades y frecuencias. En este contexto, los prestatarios tienden habitualmente a justiciar las irregularidades con problemas de demoras en el tránsito por lo tanto subsisten las controversias sobre cuál es el momento en el cual el prestatario incumple y si realmente se percibe afectada la calidad del servicio por parte del usuario.

Zamorano, Bigas y Sastre [1] argumentan que, a diferencia del metro o sistemas elevados, que en buena parte independizan su función de las vías urbanas, el transporte público urbano de superficie se caracteriza por usar la propia vía pública de las ciudades como soporte para efectuar su cometido: el transporte de viajeros. La vía pública es un lugar de la ciudad que se caracteriza por un uso intensivo y complejo del espacio por parte de las actividades y agentes muy variados: existencia de mobiliario urbano de todo tipo, circulación y concentración de peatones, circulación y aparcamiento de vehículos privados, circulación o carga y descarga de vehículos pesados, usos comerciales y de restauración, ocio y espectáculos, recolecciones de basura, y un largo etcétera. Indudablemente el transporte al estar agregado a esta infraestructura de usos mixtos es influenciado negativamente traduciéndose en demoras, pérdidas de velocidad comercial y regularidad en su prestación.

Hasta allí, la aparente responsabilidad por la falta de calidad en la prestación parece obedecer a situaciones externas al servicio, no obstante, como lo afirma Kepaptsoglou y Karlaftis [2], Para cada ruta, las frecuencias y los tipos de buses son las características operativas típicamente determinadas a través del diseño. Los cálculos se basan en los volúmenes de pasajeros esperados a lo largo de las rutas que se estiman empíricamente o mediante la aplicación de técnicas de asignación de demanda, bajo restricciones de requisitos de frecuencias mínimas y máximas permitidas que garanticen la seguridad y tiempos de espera tolerables, mediante factores de carga deseados, flota y disponibilidad. Estos pasos, así como el proceso de diseño general, se han basado en gran medida en pautas prácticas, el juicio experto de los planificadores de transporte y la experiencia de los operadores. En la mayoría de las ciudades argentinas, los servicios son concesionados a prestatarios privados, los cuales tienen la responsabilidad de cumplir las normas contractuales para las cuales han sido contratados y por lo tanto deben lograr un diseño de flota y disponibilidad que signifiquen el cumplimiento de sus contratos con el poder concedente.

El rol del estado en la concesión de los servicios públicos es ineludible y como lo asegura la Prof. Andrea López [3], todas las corrientes acuerdan en que "cuando se caracteriza una actividad como servicio público, su realización constituye una función del Estado, y éste tiene la obligación de realizarla, sea de modo directo o concediéndola a personas privadas, bajo un régimen especial que asegure la prestación en forma regular, uniforme, general y continua". Por lo tanto, si bien, la Autoridad de Aplicación debe establecer en los términos contractuales de las concesiones, niveles de servicio que satisfagan la demanda de transporte de la sociedad (diseño de la red de transporte, infraestructura vial, normativa de tránsito, entre otros), también deben establecer procesos de control que permitan penalizar a los prestatarios en el momento que se observen desviaciones que afecten la calidad requerida por las regulaciones, dichos procesos deben ser claros, metodológicos y por sobre todo que puedan compensar las diferentes variables que hacen a un sistema de transporte que en gran parte se encuentra agregado al tránsito mixto con la consecuente pérdida de velocidad comercial y de su regularidad en las frecuencias de paso.

Por último, encontramos a los usuarios del transporte, quienes son los actores principales, ya que por su necesidad de traslado se planifica y justifica el servicio y, por lo tanto, hoy en día, los viajes realizados no son simplemente para desplazarse y llegar a destino, si no que pretenden un cierto nivel de confort y exigen que el servicio sea seguro y confiable. En este sentido, Zamorano, Bigas y Sastre [1] dicen que la calidad en el transporte público entendida como comparación con otros servicios de transporte de similares características y como satisfacción del cliente o viajero, puede resumirse diciendo que la calidad del transporte público urbano aumenta cuando se aproximan entre sí: lo que el cliente espera, lo que la empresa proyecta, lo que la empresa ofrece y lo que el cliente percibe como servicio.

En este contexto, la importancia de las reglas de control, en especial las de regularidad del servicio son superlativas al momento de definir la confianza de los usuarios hacia el sistema de transporte público.

2. ANÁLISIS DE LAS REGULACIONES DEL TPP DE LA CIUDAD DE SANTA FE.

La ciudad de Santa Fe actualmente se encuentra bajo la figura de concesiones precarias del Sistema de Transporte Público de Pasajeros de acuerdo a la Ordenanza N° 11271 del año 2006, no obstante, el sistema se encuentra regulado mediante la Ordenanza N° 11580 [4] del año 2009 y modificatorias. En la misma se encuentra el Anexo II “FRECUENCIAS” que establece las diferentes frecuencias de paso con las cuales debe operar el sistema en general mediante un cuadro de frecuencias segmentadas en diferentes horarios, tal como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1 Frecuencias días hábiles.

Denominación	Horas			Frecuencia (min)
Nocturno	0 – 5			60
Intermedio	5 – 6	22 - 24		20
Pico	6 – 9	12 – 14	17 – 20	7
Diurno	9 – 12	14 – 17	20 – 22	12

Fuente: Municipalidad de Santa Fe.

La Ordenanza N°11.580/09 no se encuentra reglamentada y, por lo tanto, no considera las diferentes particularidades de cada línea como perfiles de uso, carga, etc. Esta situación expone al sistema a limitaciones en cuanto a la satisfacción del usuario ya que los diagramas, para satisfacer a la Autoridad de Aplicación, no tienen en cuenta los volúmenes de demanda y puede asumir aglomeraciones en horarios pico por subdimensionamiento o mayores costos de explotación por sobredimensionamiento de flota.

Otra debilidad de la normativa es la carencia de un procedimiento para el control de las Frecuencias de Paso, como puede observarse en la Tabla 2, de un caso testigo aleatorio de control realizado a la Línea 1 el día 08/01/2018 entre las 7:36 y las 9:02, donde la frecuencia para días hábiles según la Tabla 1, es de 7 minutos y por lo tanto, sólo 2 unidades de 14 observadas se encuentran en frecuencia, las demás se tomarían como infracciones. Si se tiene en cuenta que para frecuencia de 7 minutos deben pasar 8/9 unidades por hora, en este caso al operador le fue constatado de paso de 10 en el transcurso de tiempo entre las 7:36 y las 8:31 (una hora aproximadamente).

Tabla 2 Caso testigo de control realizado a la línea 1.

Código interno	Horario	Diferencia horaria	Código interno	Horario	Diferencia horaria
3171	7:36:00	-	2197	8:24:00	0:03:00
2453	7:43:00	0:07:00	2454	8:28:00	0:04:00
2694	7:48:00	0:05:00	2223	8:31:00	0:03:00
2204	8:03:00	0:15:00	2435	8:38:00	0:07:00
2441	8:04:00	0:01:00	2150	8:40:00	0:02:00
2408	8:16:00	0:12:00	3159	8:51:00	0:11:00
2456	8:21:00	0:05:00	3171	9:22:00	0:11:00

Fuente: Municipalidad de Santa Fe

Esta situación pone en relieve la controversia sobre el caso, que se repite en cada uno de los controles realizados, donde el mayor porcentaje de incidencias no cumple con el atributo establecido por normativa, calificando cada caso en una posible sanción al operador. Estos últimos aducen que es imposible el cumplimiento debido a que los buses se encuentran a merced de innumerables problemas en el recorrido que comparten con el resto de los modos de transporte los cuales en su mayoría se deben a embotellamientos de tránsito en el macrocentro, fallas de sincronización en corredores semaforizados, reparación de servicios subterráneos, mantenimiento de calles, siniestros de tránsito, manifestaciones, etc.

3. BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS.

Para la búsqueda de una alternativa viable además se tendrá en cuenta la variable satisfacción del usuario o cliente dado que para ellos los viajes realizados no son simplemente desplazarse y llegar a destino, sino que pretenden un cierto nivel de confort y exigen que el servicio sea seguro, confiable y regular en su prestación. Con ese objetivo, la evaluación de la satisfacción del cliente ha de hacerse a partir de medidas de la realidad, pero se necesitan modelos explicativos que establezcan que es lo que se tiene que medir y en qué sentido o interpretación tienen las medidas efectuadas [5].

3.1. Control mediante tolerancias

Este caso se da cuando la Autoridad de Aplicación establece límites de tolerancia superior e inferior a la frecuencia establecida, por ejemplo, la ciudad de Paraná a través del Decreto Municipal N°1234 [6], establece para los días lunes a viernes la frecuencia de 10 minutos con 5 minutos de tolerancia. La desventaja de este método es que el operador puede establecer diagramas con frecuencias mayores a 10 minutos y aun así cumplir con la obligación encomendada.

3.2. Control mediante Media aritmética de una muestra

También conocida como promedio, es obtenida sumando todos los números de la muestra y dividiéndola entre n. Como ventaja se puede decir que es muy sencillo su cálculo, no obstante, existen dos importantes desventajas que no la hacen recomendable para el objeto de este trabajo. Primero, que es muy sensible a valores extremos (muy altos o muy bajos) y segunda, que no es recomendable para distribuciones muy asimétricas. Estas dos particularidades pueden observarse en la Figura 1 que se corresponde con los valores analizados en la Tabla 4 donde el promedio es 6,6 minutos.

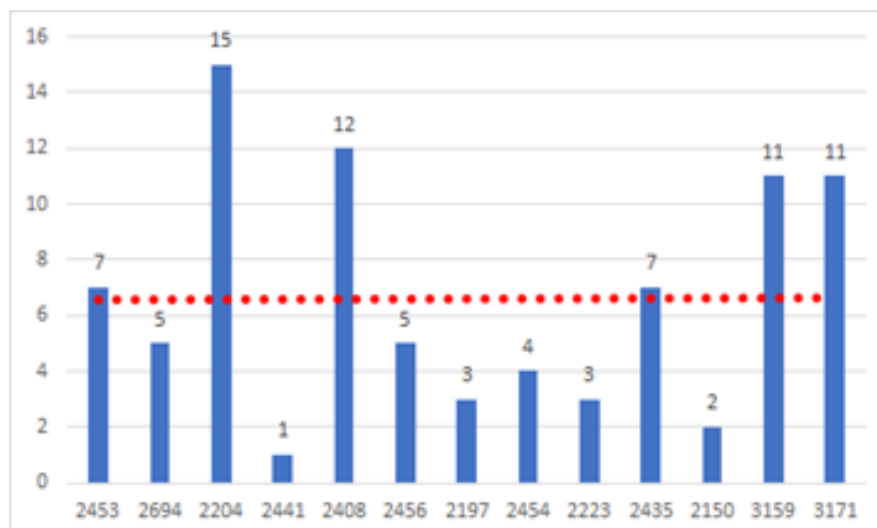


Figura 1 Representación gráfica de la media aritmética en el caso testigo. Fuente: elaboración propia.

3.3. Control mediante desviación estándar

La desviación estándar o típica es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos. Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. También se interpreta como un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad. En la Figura 2, se muestra el resultado de aplicar la fórmula a los valores analizados en la Tabla 2 donde la desviación estándar es 4,4 minutos.

Esta solución se acerca al objetivo deseado en este trabajo. No obstante, debido a que el cálculo son las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución, no satisface a la Ordenanza N°11.580 que establece una frecuencia de 7 minutos en ese rango horario y esta fórmula sólo se ajustaría a los casos en que la media aritmética o promedio diese el valor 7.

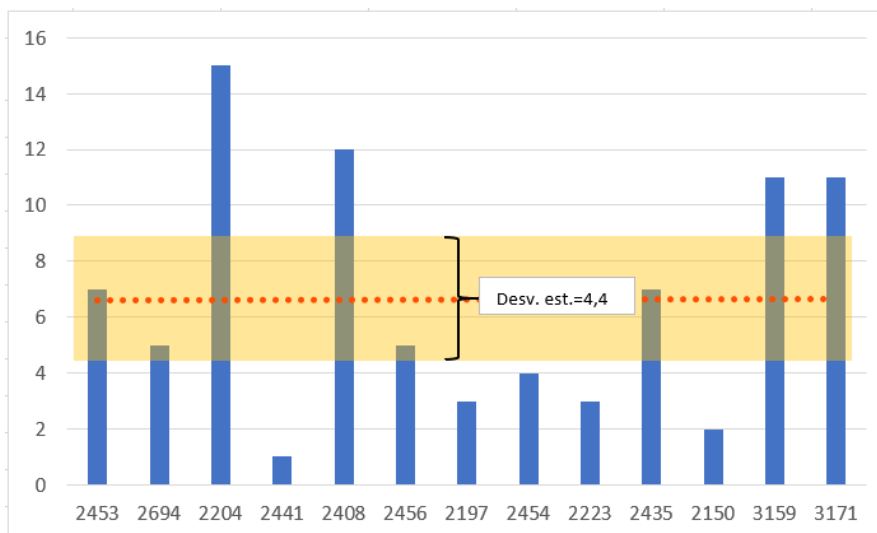


Figura 2 Representación gráfica de la Desviación estándar en el caso testigo. Fuente: elaboración propia.

4. SOLUCIÓN PROPUESTA.

4.1. Control mediante desviación de frecuencias preestablecidas

En virtud de las consideraciones expuestas en los puntos anteriores, es posible proponer un cambio a la fórmula de la desviación estándar que satisfice las necesidades de la normativa sobre las frecuencias de paso de las unidades de transporte. El cambio radica en calcular las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la frecuencia establecida por la Ordenanza, en este caso 7 minutos (frecuencia de hora pico) y de esa forma se obtiene que el resultado de la desviación de frecuencia establecida, como lo expresa la ec. (1). Aplicándolo para el caso testigo, resulta igual a 5, como puede observarse en forma gráfica en la Figura 3.

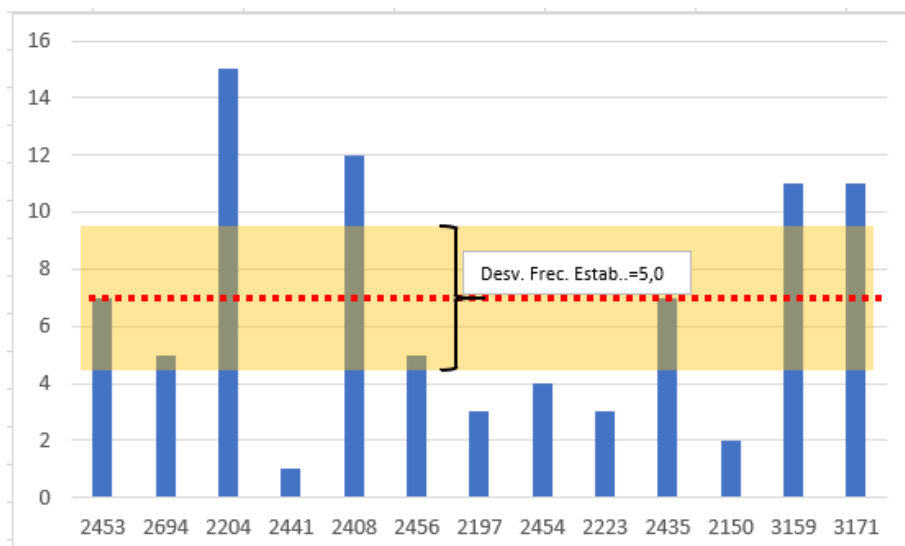


Figura 3 Representación gráfica de la desviación de frecuencia establecida en el caso testigo. Fuente: elaboración propia.

$$\sigma'' = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_r)^2}{N}} \quad (1)$$

Donde:

σ'' = Desviación de frecuencia establecida

f_i = Frecuencia individual

f_r = Frecuencia de referencia establecida por regulación

N = Número de buses de la muestra

4.2. Definición de la desviación objetivo

Al ajustarse la metodología propuesta, pudiendo encontrar un equilibrio entre los objetivos de la Autoridad de Aplicación y las situaciones planteadas por los operadores, resta decidir o resolver la desviación límite para considerar al operador como infractor al objetivo establecido por la Autoridad Concedente, para lo cual se considera al usuario como consumidor final del servicio en la definición de dicho atributo.

Se realizó una encuesta para identificar el límite superior donde el usuario considera al servicio no satisfactorio. Dicha encuesta se estableció por interceptación en paradas aleatorias, de usuarios esperaban abordar el servicio donde la pregunta principal fue: ¿cuánto tiempo está dispuesto a esperar por la línea? Los datos y resultados de la muestra fueron los siguientes

Determinación del Tamaño de la Muestra:

Población finita: promedio de abordaje en el servicio durante el periodo de hora pico de 12 a 14 para los miércoles de abril de 2019. Calculada con datos del sistema SUBE y fue igual a 23.799 pasajeros, ver Figura 4. Nivel de Confianza (Z)= 95%. Error de estimación máximo aceptado (e)=3%. Porcentaje de población que tiene el atributo deseado (p) = 95%. Porcentaje de la Población que no tiene el atributo deseado (q) = 5%. Tamaño de la Muestra (N) = 201.

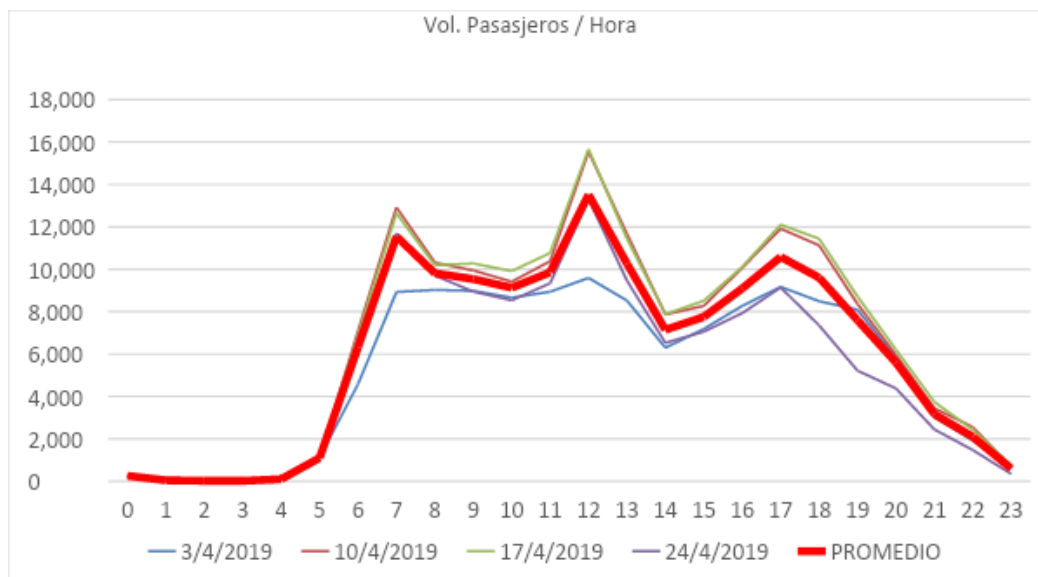


Figura 4 Volumen de pasajeros/hora y promedio para días miércoles de abril de 2019 - Fuente: Sistema SUBE.

Resultados de la encuesta

Las encuestas válidas fueron 202. El 26% de las respuestas pertenece a la franja etaria de 15 a 25 años, el 57% de 26 a 60 años y el 17% a mayores de 60 años. El 65% de los encuestados fueron mujeres.

La encuesta arroja que el promedio de los encuestados está dispuesto a esperar hasta 14,5 minutos hasta considerar el servicio como deficiente. La moda o el valor de mayor repitencia en la serie fue de 10 minutos. Además, se consultó sobre cuánto tiempo llevaba esperando y el promedio de respuestas fue de 6,7 minutos de espera (percibida).

Conclusiones sobre el muestreo

De las encuestas llevadas a cabo se pudo establecer que los usuarios, en promedio, están dispuestos a esperar hasta el doble del tiempo establecido para la frecuencia regulada hasta considerar al servicio como de mala calidad. No obstante, el promedio de tiempos de espera no supera la frecuencia de referencia para hora pico.

Propuesta de desviación objetivo

Se propone la desviación objetivo en 3,5 minutos, o sea, cuando $\sigma'' > 3,5$, el operador será considerado en falta respecto de la frecuencia de referencia establecida por normativa. El valor 3,5 representa el 50% del tiempo máximo de la desviación de la frecuencia de referencia de hora pico de 7 minutos y del promedio de tolerancia de espera considerado por los usuarios.

En el caso testigo expuesto anteriormente, se puede observar que si bien el operador cumplió con la dotación necesaria para alcanzar en forma teórica la frecuencia establecida, no alcanza a cumplir con las necesidades de calidad esperada por los usuarios, ya que la amplitud de las frecuencias en ciertos momentos genera una desviación inaceptable (5 minutos) e incurre en una infracción según la metodología propuesta.

5. CONCLUSIONES.

La solución propuesta como herramienta para la toma de decisiones en relación con las infracciones a las frecuencias de paso de buses urbanos, resulta consistente dado que se logra un equilibrio entre los objetivos de la autoridad concedente que impone un cuadro de frecuencias, las empresas operadoras que deben satisfacer los objetivos contratados operando en una infraestructura no exclusiva y los usuarios que son los beneficiarios del sistema, los cuales pretenden del mismo una calidad razonable.

5. REFERENCIAS.

- [1] Clara Zamorano; Joan M. Bigas; Julián Sastre. (2004). *Manual Para La Planificación, Financiación e Implantación De Sistemas De Transporte Urbano*. 1ra edición. Consorcio de Transportes Madrid. Madrid, España
- [2] Konstantinos Kepaptsoglou; Matthew G. Karlaftis. *Transit Route Network Design Problem: Review*. (2009). Journal of Transportation Engineering ASCE. National Technical University of Athens. Atenas, Grecia

- [3] Andrea López. *Regulación y control de la calidad de los servicios públicos privatizados: los casos del servicio de gas natural, electricidad y agua potable*. (1997). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Buenos Aires. Biblioteca Prof. Dr. Alfredo L. Palacios. Buenos Aires, Argentina
- [4] Concejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe, *Ordenanza N°11580*. (2009), <http://www.concejosantafe.gov.ar/normativa_tema_Transporte-Publico.html>. Santa Fe, Argentina
- [5] Norma UNE-EN 13816, *Manual de apoyo para la implantación de gestión de la calidad según norma UNE-EN 13816*. (2006). Fundación CETMO. España.
- [6] Municipalidad de la ciudad de Paraná. *Decreto N° 1234 Acta Acuerdo con la Asociación Transporte Urbano de Pasajeros*, (2007), <<https://www.parana.gob.ar/gobierno/digesto-municipal.php>>. Paraná, Argentina

Aplicación de medidas de eficiencia energética a través de nuevos patrones de consumo en la región más poblada de Argentina.

Tognarelli, Matías*; Caballero, Natalia Belén; Moreno, Valeria Karina
Director: Coggiola, Mauricio

*Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba. Grupo GICAPP.
Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja, CP 5016, Córdoba, Argentina. utnpid2020@gmail.com*

RESUMEN.

A través del presente proyecto se procura realizar un Manual de Buenas Prácticas, destinado a concientizar y proponer alternativas para el consumo sostenible de energía eléctrica y gas natural a nivel residencial.

Es justamente su gran densidad poblacional, lo que permitirá establecer como hipótesis inicial que, una mejora en los patrones de consumo de sus habitantes, se verá impactado positivamente en el consumo energético de los hogares.

En primera instancia, se establece el perfil de un hogar tipo de la mencionada región, caracterizándolo según aspectos socioeconómicos y estructurales, como parámetros de análisis de consumo, y comparación con las demás zonas del país y con países homólogos de la región.

Luego del estudio realizado, se propondrán diferentes alternativas para generar ahorro energético y consumo eficiente.

Se plantea como punto de innovación la traducción de cada consumo examinado, en una unidad de medida (TnCO₂eq) equiparable, simple y adaptada al sector residencial argentino. Considerando que sólo puede mejorarse aquello que puede ser medido, esto permitirá comparar fácilmente el beneficio derivado de la implementación de diferentes medidas de consumo racional y responsable.

Palabras Claves: Incluir varias palabras clave relacionadas con el trabajo (máximo 5).

ABSTRACT.

The main objective of this research project is the development of a Good Practice Manual, which generates awareness in the consumers and proposes alternatives for the sustainable consumption of electricity and natural gas at the residential level.

The high population density of the central region will make possible the development of an initial hypothesis: An improvement in the consumption patterns of the inhabitants of the central region of the country will generate a positive impact on the energy consumption level of the households.

The profile of a typical household in the region is going to be established in the first step. This characterization will be carried out according to different parameters of analysis, like consumption patterns, socioeconomic, and structural aspects. It will allow comparison with other areas of the country and with other countries in the region.

After that, different alternatives will be defined to generate energy savings and efficient consumption at a household level.

The point of innovation in the project is the translation of each consumption parameter examined, in a unit of measure (TnCO₂eq) comparable, simple, and adapted to the Argentine residential sector. Considering that only what can be measured can be improved, this will allow achieving the benefits derived from the implementation of different rational and responsible consumption measures.

1. INTRODUCCIÓN.

La investigación está dirigida a la región con mayor densidad poblacional de la República Argentina, la zona está caracterizada por la ausencia de temperaturas extremas prolongadas, lo cual, la diferencia de los puntos Norte y Sur del país, en los cuales, las tendencias climáticas están claramente definidas.

La cobertura de energía eléctrica y gas natural a nivel residencial alcanza una mayor magnitud en las provincias que conforman la región citada, de esta manera se conforma una base homogénea para establecer que la influencia en los patrones de consumo de los usuarios dará como resultado un mejoramiento cuantificable en términos de eficiencia energética.

La implementación de diferentes medidas de consumo racional se realizará en base al análisis de los consumos que generan los artefactos y electrodomésticos que se encuentran en los hogares argentinos, traduciendo los mismos a TnCO₂eq, siendo ésta la unidad de medida que se utiliza para cuantificar la totalidad de emisión de Gases de Efecto Invernadero.

Así se denomina el fenómeno en el que el calor emitido por el sol es retenido dentro de la atmósfera, lo cual incrementa considerablemente la temperatura en la misma, provocando de esta forma un sobrecalentamiento global, que tiene consecuencias en el clima mundial y en la vida animal y vegetal de todo el planeta.

1.1. Objetivo general.

El principal objetivo del presente proyecto se basa en la realización de un Manual de Buenas Prácticas, destinado a concientizar a los usuarios y proponer alternativas para el consumo sostenible de energía eléctrica y gas natural a nivel residencial.

1.1.1 Objetivos particulares.

A raíz del objetivo principal planteado, se derivan los siguientes objetivos particulares:

- Realizar una caracterización de la región de estudio.
- Cuantificar el ahorro económico respecto a las tarifas de energía eléctrica y gas natural.
- Evaluar el impacto positivo de las acciones propuestas en el medio ambiente, teniendo en cuenta una medida asociada a las TnCO₂eq correspondientes.
- Difundir y comprometer a la sociedad los beneficios obtenidos en los puntos anteriores.

2. METODOLOGÍA.

Inicialmente, se determinará el hogar tipo de la Zona Centro de la República Argentina, que conforma la base de partida y da lugar a los respectivos indicadores socioculturales claves para el análisis. La información relevada se procesa a través de la herramienta de análisis de datos Power BI, la cual nos permite visualizar las correlaciones entre los hábitos de los individuos en los diferentes escenarios que se generan en el término de un año.

Se establecerá un ranking de los consumos tanto de energía eléctrica como de gas natural, los cuales serán traducidos a TnCO₂eq, de esta forma la información será pertinente para efectuar las comparaciones necesarias.

En la etapa final, se desarrollará el Manual de Buenas Prácticas, en la difusión del mismo radica el impacto positivo que se persigue, como objetivo principal de este proyecto y que la experiencia se mantenga a largo plazo, generando un mayor grado de conciencia en los usuarios.

2.1. Etapa 1: Caracterización de la región.

La Zona Centro de la República Argentina está conformada por la Región Pampeana que comprende las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fé; y la Región de Cuyo que está conformada por Mendoza, San Juan, La Rioja y San Luis.

Dentro de la caracterización, se tendrán en cuenta los siguientes puntos a ser evaluados:

- Población - Hogares - Consumo Energético.

2.2. Etapa 2: Caracterización del consumo.

En base a los datos obtenidos en el punto anterior, se realizará una determinación del hogar tipo a caracterizar, teniendo en consideración los siguientes parámetros de análisis.

- **Hogar Tipo - Análisis de consumo:**
 - **Consumo de Energía Eléctrica (EE):** Aquí se realizará un análisis en base al cálculo de dos índices medidos en [MWh/mes/Hogar] y [\$/mes/Hogar] según las diferentes provincias de la zona centro y según promedio de toda la Región.
 - **Consumo Gas Natural (GN):** Aquí se realizará un análisis en base al cálculo de dos índices medidos en [m³/mes/Hogar] y [\$/mes/Hogar] según las diferentes provincias de la zona centro y según promedio de toda la Región.
- **Hogar Tipo - Análisis poblacional y de correlación:**
 - Cantidad de habitantes/ Hogar según las diferentes provincias del país y según promedio por Región.
 - Relación entre el Consumo de Energía Eléctrica y la Población.

- Relación entre el Consumo de Gas Natural y la Población.

2.3. Etapa 3: Propuestas de implementación y cuantificación de resultados.

Para la elaboración de las propuestas de mejora, se elaborará un ranking con los electrodomésticos y las prácticas que más impactan, con el fin de obtener una distribución de los consumos cuantificable y con posibilidad de ser optimizada.

Esta información será traducida a TnCO₂eq, de esta forma será pertinente para efectuar las comparaciones necesarias.

Además, se tomará como punto de comparación las medidas adoptadas por otros países, los cuales son considerados como ejemplos a nivel global y se adaptarán las medidas en relación a los resultados obtenidos sobre la distribución de los consumos en región centro. Algunos de los países a considerar son Alemania e Italia como ejemplos a nivel global, y México, Brasil, Uruguay y Chile como parámetro comparables a nivel regional.

3. RESULTADOS PARCIALES.

3.1. Etapa 1: Caracterización de la región.

3.1.1. Población.

La zona centro se distingue por ser la región con mayor densidad poblacional de la República Argentina, comprendiendo así el 74% de los habitantes de todo el país.

Así mismo existe una gran diferencia poblacional entre las distintas provincias que la comprenden, como se observa en el gráfico, la provincia de Buenos Aires abarca el 62% de la totalidad de habitantes de la zona, seguido por Córdoba que comprende el 11% y Santa Fe con el 10%, ubicándose la provincia de La Pampa en último lugar con apenas 0,9%.

Los datos que se presentan a continuación están extraídos del censo del año 2010 realizado por INDEC y su proyección estimada para el año 2019.

Tabla 1 Censo INDEC año 2010 y Proyección al año 2019

Provincia	Censo 2010	Proyección	Tasa Crecimiento
Buenos Aires	18.309.287	19.966.560	1,0905
Córdoba	3.258.534	3.595.984	1,1035
Entre Ríos	1.222.585	1.337.189	1,0937
La Pampa	314.749	342.077	1,0868
La Rioja	331.174	375.453	1,1337
Mendoza	1.720.870	1.910.189	1,1100
San Juan	673.335	747.626	1,1103
San Luis	428.486	484.521	1,1307
Santa Fe	3.165.670	3.409.764	1,0771
TOTAL	29.424.690	32.169.362	1,1

La tasa de crecimiento poblacional entre los años 2010 y 2019 arroja un valor de 1,1%, el cual se obtiene calculando el cociente de la totalidad de habitantes de todas las Provincias de la Zona Centro según la proyección al año 2019 (32.169.362) por los datos del Censo 2010 (29.424.690), utilizando redondeo con una sola cifra decimal.

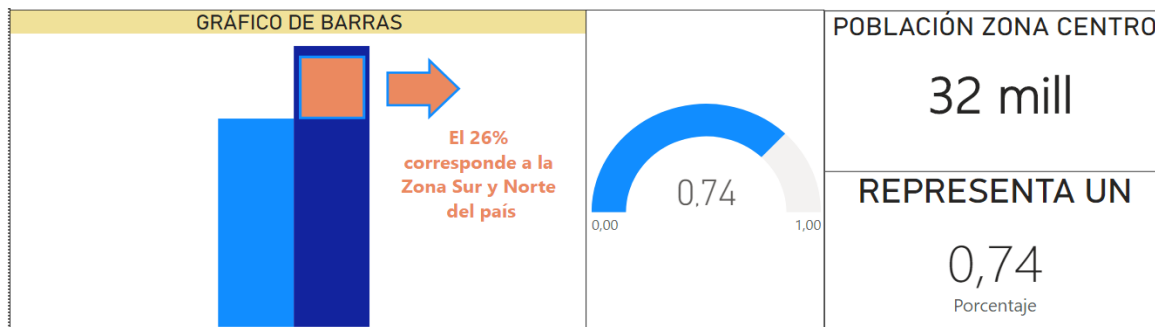


Figura 1 Densidad Poblacional en la Región Centro

A continuación se muestran los datos característicos de ambos extremos;

Tabla 2 Datos Estadísticos Censo 2010

CENSO 2010			
Provincia	Habitantes	Área	Densidad Poblacional
Buenos Aires	18.309.287	306.336	60
La Pampa	314.749	143.088	2

Tabla 3 Datos Estadísticos Proyección año 2019

PROYECCIÓN 2019			
Provincia	Habitantes	Área	Densidad Poblacional
Buenos Aires	19.966.560	306.336	65
La Pampa	342.077	143.088	2

Tomando como base los datos reales del Censo 2010 se observa que Buenos Aires tiene 58 veces más habitantes con respecto a La Pampa, y la supera en tamaño 2,14 veces.

3.1.2. Hogares.

Se distinguen dos definiciones fundamentales para el desarrollo y gestión de la información; INDEC define como **Vivienda**; “Espacio donde viven personas, éste se halla separado por paredes u otros elementos cubiertos por un techo, y sus ocupantes pueden entrar o salir sin pasar por el interior de otras viviendas. Las viviendas pueden haber sido construidas o adaptadas para ser habitadas o bien se utilicen con ese fin la noche de referencia del Censo”.

Se extraen los datos proporcionados por INDEC correspondientes al año 2010, y se realiza la proyección de la cantidad de viviendas hacia el año 2019 utilizando la tasa de crecimiento de la población obtenida a partir de la cantidad de habitantes.

El concepto de **Hogar** definido por el INDEC es: “Lugar donde un individuo o grupo de individuos habita, creando en ellos la sensación de seguridad y calma”.

De esta manera se establece la posibilidad que en una vivienda, que se toma como un usuario ante los servicios de energía eléctrica y de gas natural coexistan uno o más hogares y con hábitos de consumo muy distintos. Por este motivo, analizaremos con más detalle y haremos hincapié en los hogares.

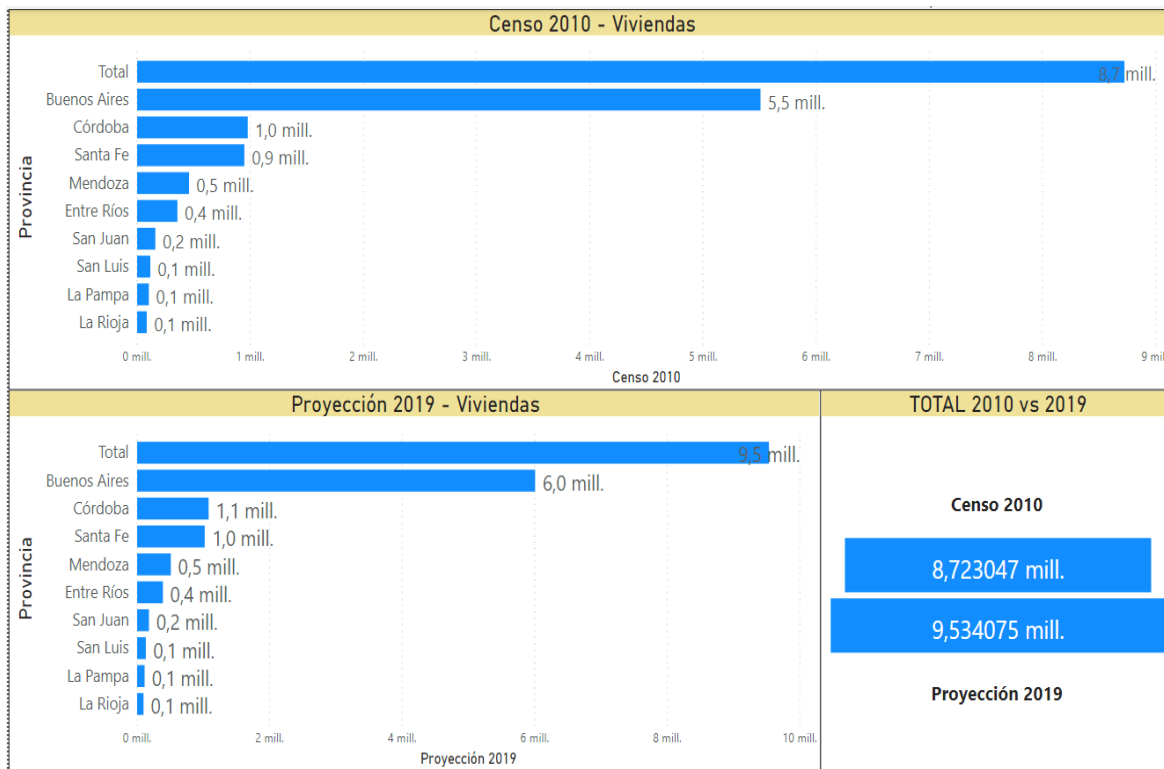


Figura 2 Censo 2010 y Proyección al año 2019 de Viviendas en las Provincias de Región Centro

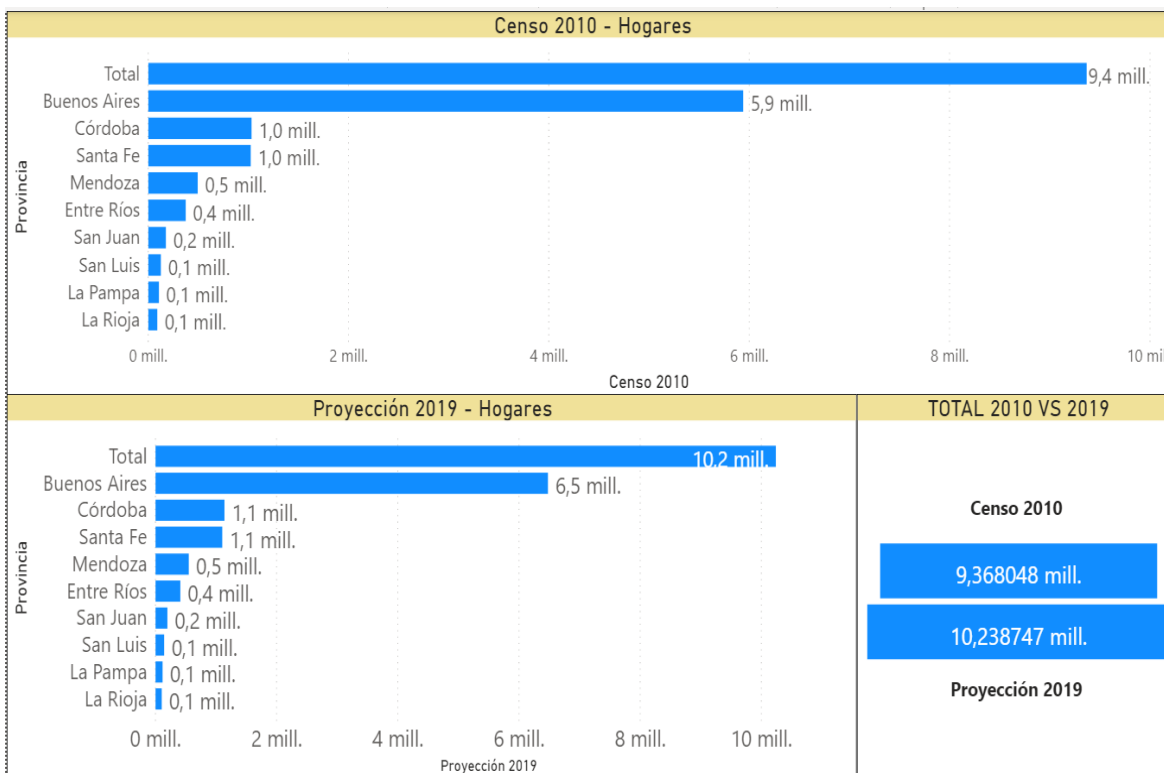


Figura 3 Censo 2010 y Proyección al año 2019 de Hogares en las Provincias de Región Centro

En los dos gráficos se observan las cantidades de viviendas y hogares que existen en la zona centro de la República Argentina. Al igual que en la cantidad de población, la provincia de Buenos Aires es la que mayor porcentaje de hogares representa, diferenciándose claramente del resto. Esta información nos resulta útil para priorizar el sector en donde mayor impacto tendrán los resultados de aplicar las buenas prácticas.

3.1.3. Consumo energético.

La siguiente gráfica permite visualizar la demanda de energía eléctrica por provincia, tomando como base la tarifa residencial y la tarifa base electrodependientes que conforman la región durante el desarrollo del año 2019.

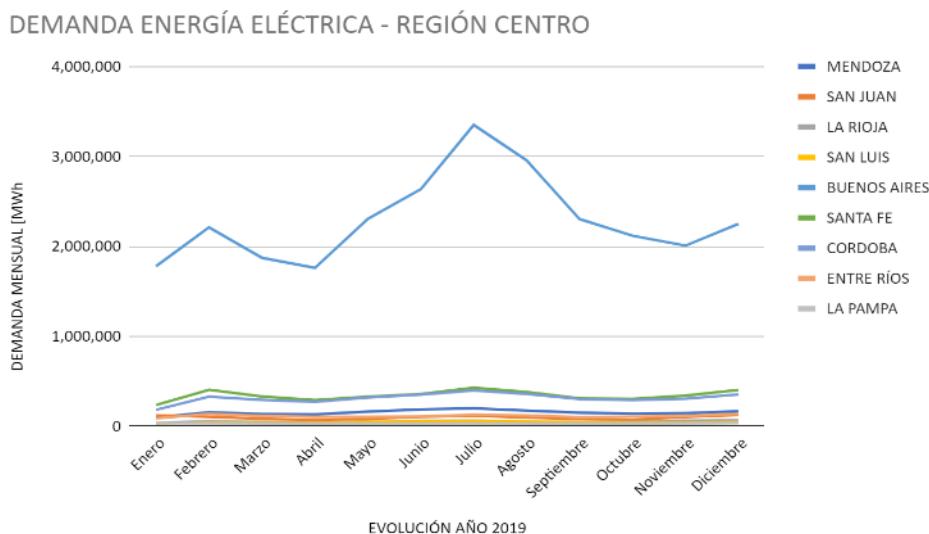


Figura 4 Demanda de Energía Eléctrica por Provincia en la Región Centro en el año 2019

La provincia de Buenos Aires posee un consumo total anual de 27.553.600 [MW/h], alcanzando su máximo en el mes de julio con un valor de 3.350.870 [MW/h] ubicándose en el primer lugar de la zona centro. De manera consecutiva se encuentra la provincia de Santa Fe, asumiendo un consumo total anual de 4.117.349 [MW/h], siendo considerablemente menor que el citado en la provincia anterior. La Pampa asume el menor consumo anual de la región, siendo este de 362.549 [MW/h], estableciendo el límite inferior del ranking.

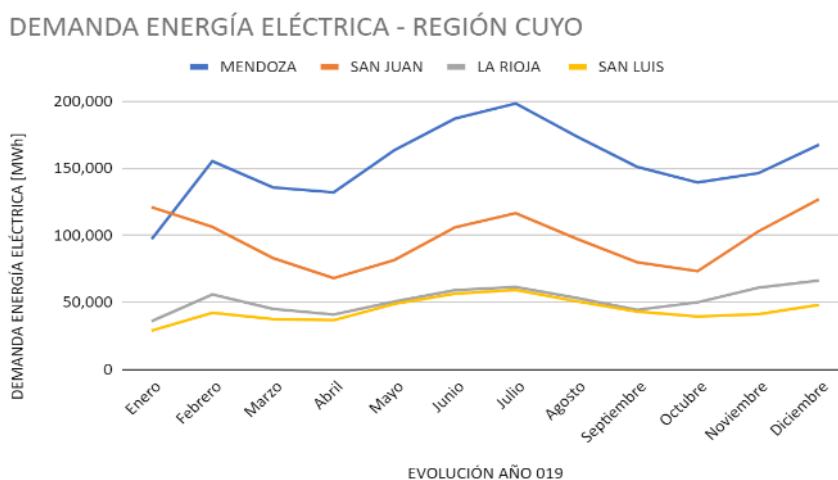


Figura 5 Demanda de Energía Eléctrica por Provincia en la Región Cuyo en el año 2019

La demanda total anual está liderada por la provincia de Mendoza, siendo ésta de 1.847.082 [MW/h], alcanzando su pico en el mes de julio registrando una demanda de 198.288 [MW/h].

Se observa que las provincias de La Rioja y San Luis en los meses comprendidos desde mayo hasta agosto poseen consumos muy similares, y sus consumos anuales totales son 625.052 [MW/h] y 533.223 [MW/h] respectivamente.

En la región pampeana están comprendidos los dos extremos mencionados con anterioridad, situándose la provincia de Córdoba con una demanda total anual de 3.760.718 [MW/h], seguida por Entre Ríos con una demanda total anual de 1.366.150 [MW/h].

DEMANDA ENERGÍA ELÉCTRICA - REGIÓN PAMPEANA

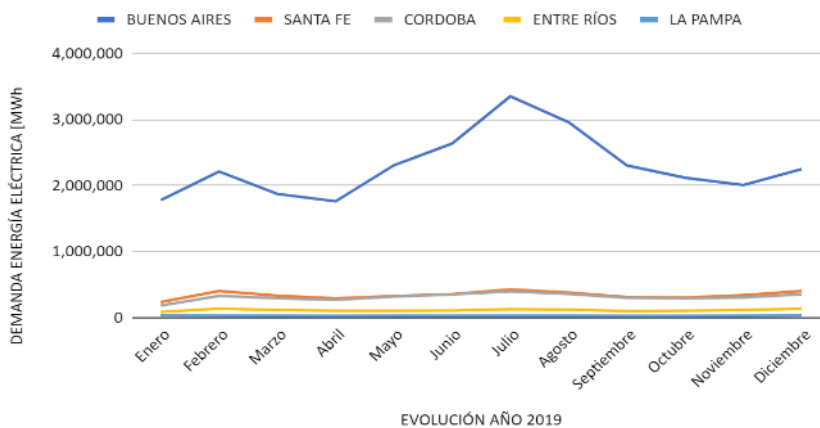


Figura 6 Demanda de Energía Eléctrica por Provincia en la Región Pampeana en el año 2019

En cuanto a la demanda de gas natural en la Región Centro y en particular en la Región Pampeana, el escenario es similar en relación al mayor consumidor, que se encuentra en la provincia de Buenos Aires con un total de 4.523.565 miles de m3 anuales, teniendo un pico de consumo de 809.148 miles de m3 en el mes de julio, debido al descenso de la temperatura.

DEMANDA GAS NATURAL - REGIÓN CENTRO

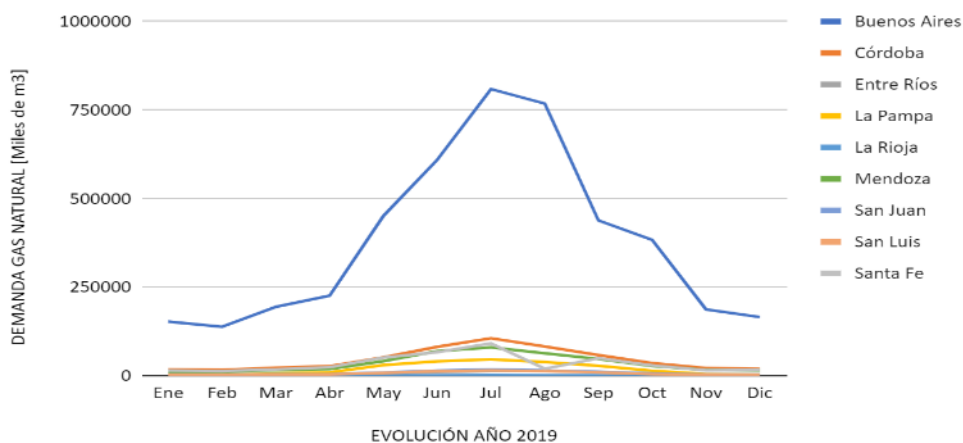


Figura 7 Demanda de Gas Natural por Provincia en la Región Centro en el año 2019

DEMANDA GAS NATURAL - REGIÓN PAMPEANA

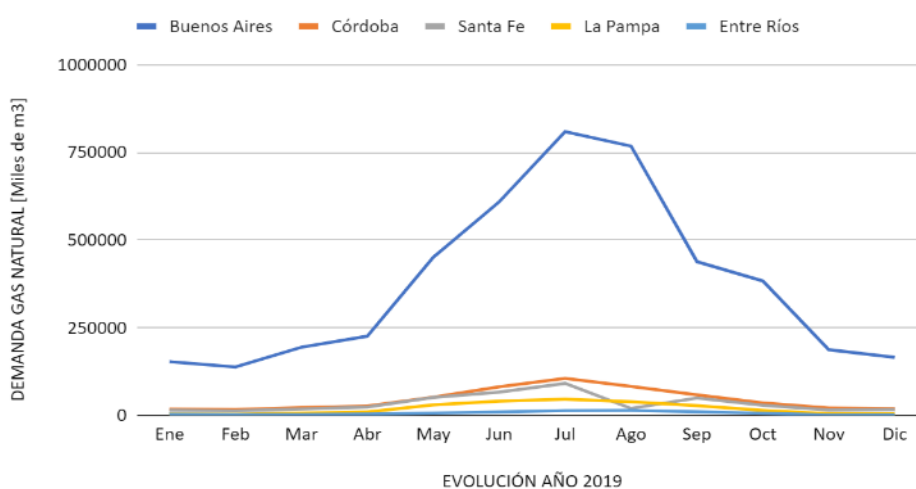


Figura 8 Demanda de Gas Natural por Provincia en la Región Pampeana en el año 2019

La demanda en la Región Cuyo, se encuentra liderada por la provincia de Mendoza, con un consumo anual de 418.588 miles de m³, teniendo un pico también durante el mes de julio de 79.843 miles de m³.

En el extremo opuesto se encuentra la provincia de La Rioja, en donde el consumo anual es de tan sólo 9.482 miles de m³. Es necesario destacar que en esta provincia un gran porcentaje de sus habitantes no cuentan con acceso al gas natural, haciéndose necesario el uso de otro tipo de vector energético para la calefacción del hogar en los meses más fríos del año.

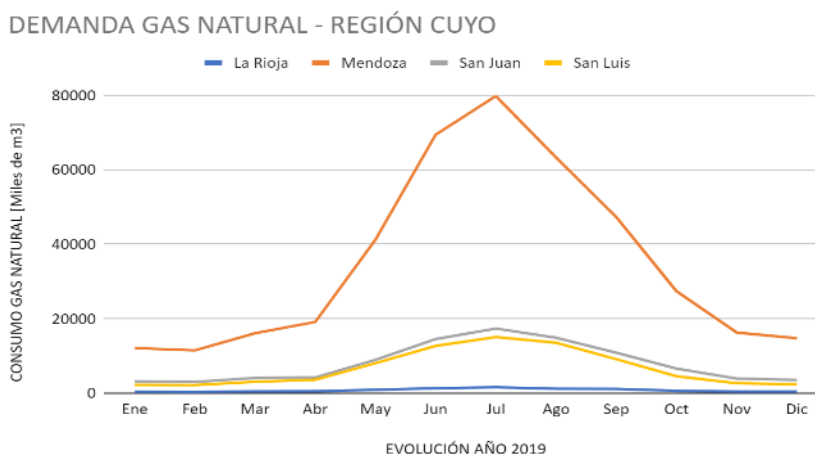


Figura 8 Demanda de Gas Natural por Provincia en la Región Cuyo en el año 2019

3.2. Etapa 2: Caracterización del consumo energético.

3.2.1. Hogar Tipo: Análisis de consumo energético.

3.2.1.1. Consumo de Energía Eléctrica (EE).

San Juan

El consumo promedio de energía eléctrica por usuario es de 0,45 [MW/h] ubicándose en el primer lugar de la región centro, el promedio de población por hogar es de 3,8 habitantes por cada uno. Es la provincia con mayor amplitud térmica anual y diaria de la República Argentina, limita al oeste con la cordillera de los andes, y allí se encuentran algunos de los picos más elevados del Hemisferio Occidental, esta condición conformaría la principal premisa por la cual se visualiza la alta demanda.

La Rioja

Se observa un consumo promedio de energía eléctrica por usuario de 0,42 [MW/h], aquí el promedio personas que lo generan es de 3,6 por cada hogar, describiendo una performance similar a la descrita en la provincia de San Juan.

Buenos Aires

Posee un promedio de consumo por usuario de energía de 0,33 [MW/h]. El promedio de población por hogar es de 3,1 habitantes por cada uno, se lee un menor consumo por habitante en cada hogar, si se lo coteja con las dos provincias mencionadas anteriormente.

Mendoza

Posee un promedio de consumo por usuario de energía eléctrica de 0,30 [MW/h], el promedio de habitantes por hogar es de 3,5 personas, se lee una demanda menor por persona, debido a la densidad de habitantes por cada uno.

Santa Fe

La provincia posee un promedio de consumo por usuario de energía de 0,27 [MW/h], el promedio de habitantes por hogar es de 3,1 por cada uno, asumiendo el mismo valor que la provincia de Buenos Aires.

San Luis

El consumo promedio de energía eléctrica por usuario es de 0,26 [MW/h], siendo el promedio de habitantes por hogar de 3,4, en cuanto al consumo es similar al de Santa Fe, siendo la densidad de personas por hogar mayor, esto conlleva a que el consumo per cápita sea menor.

Entre Ríos

La provincia posee un promedio de consumo por usuario de energía de 0,26 [MW/h], el promedio de habitantes por hogar es de 3,3, siendo elevado con respecto a la demanda.

Córdoba

Posee un promedio de consumo por usuario de energía de 0,24 [MW/h], el promedio de habitantes por hogar es de 3,2 por cada uno de ellos.

La Pampa

La provincia de La Pampa posee un promedio de consumo por usuario de energía de 0,22 [MW/h]. El promedio de población por hogar es de 2,9 habitantes por cada uno, el consumo de energía eléctrica es elevado respecto a la cantidad de personas que lo generan.

3.2.1.2. Consumo de Gas Natural (GN).

San Juan

El consumo de gas natural en la provincia de San Juan tiene un alta en los meses de junio, julio y agosto, siendo en el segundo el pico que alcanza los 153,18 m³ por usuario, es una de las provincias de la región Cuyo con menor consumo.

La Rioja

El consumo de gas tiene un alta en los meses de junio, julio y agosto, siendo en el segundo el pico que alcanza los 109,12 m³ por usuario, es una de las provincias de menor consumo.

Mendoza

La demanda de gas natural en Mendoza describe una tendencia de alza en los meses de junio, julio y agosto, siendo en el segundo de 206,17 m³ por usuario.

San Luis

En San Luis el consumo en los hogares tiene una propensión de alza en los meses de junio, julio y agosto, siendo en el segundo de 207 m³ por usuario.

Buenos Aires

Describe una tendencia en el consumo a la alza en los meses de junio, julio y agosto, siendo en el segundo de 155,24 m³ por usuario.

Santa Fe

El consumo describe un pico máximo en el mes de julio, alcanzando un valor de 152,89 m³ por usuario. La tendencia de alza comienza a visualizarse en el mes de mayo hasta el pico mencionado, un comportamiento disímil con respecto al desarrollado comúnmente en las demás provincias de la región pampeana de la República Argentina.

Entre Ríos

El consumo describe una tendencia de alza en los meses de junio, julio, agosto e inclusive septiembre, siendo en el tercero de 139,8 m³ por usuario.

Córdoba

El consumo de gas describe una tendencia de alza en los meses de junio, julio y agosto siendo en el segundo de 156,92 m³ por usuario, esto se debe al descenso de temperaturas que se perciben en la temporada de invierno.

La Pampa

El consumo de gas describe una tendencia de alza en los meses de junio, julio y agosto siendo en el segundo de 369,61 m³ por usuario, dicho valor registrado es el mayor de toda la zona centro. Se observa un descenso pronunciado en los meses restantes.

Resumen

A continuación se presentan los indicadores de consumo relacionados, para resumir toda la información brindada en los párrafos previos.

Tabla 4 *Indicadores del consumo de energía eléctrica (EE) y de gas natural (GN) por hogar en la región centro*

Parámetro	GN	EE
[m3/mes/Hogar]	80	-
[\$/mes/Hogar]	1249	1156
[MWh/mes/Hogar]	-	0,31

3.2.2. Hogar Tipo: Análisis poblacional y análisis de correlación

Con el fin de poder estudiar las relaciones que existen entre las distintas variables definidas y analizadas anteriormente, en esta sección se realizará el estudio utilizando la técnica de correlación entre variables. De esta manera, se podrá determinar la intensidad de relación que existe entre los parámetros vistos y realizar el análisis sobre aquellas relaciones más relevantes para la región de estudio.

Se tendrán en cuenta las siguientes relaciones:

- Relación entre el Consumo de Energía Eléctrica y la Población.
- Relación entre el Consumo de Gas Natural y la Población.

De esta manera, se realizó el cálculo de los índices de correlación R para cada región, para poder comparar los resultados. Se observa una clara tendencia en la Zona Centro, en donde parece indicar que a medida que aumenta la cantidad de habitantes en el hogar, el consumo eléctrico tiende a incrementarse. Como conclusión, se pudo identificar claramente la relación que existe entre el consumo de energía eléctrica y la población por hogar de la región centro.

Realizando la misma metodología que en el punto anterior, para el caso de la relación entre el consumo de gas natural y población, se obtuvieron los siguientes resultados para cada región.

Tabla 5 *Correlación entre consumo de energía eléctrica (EE) y de gas natural (GN) y habitante por hogar*

	GN/habitante	EE/habitante
Zona Norte	-0,59	-0,51
Zona Centro	-0,46	0,81
Zona Sur	0,64	-0,06

Como conclusión, se puede identificar que no existe relación entre el consumo de gas natural y la población por hogar de la región centro, por lo cual, el principal punto de mejora se orientará hacia los parámetros de consumo en relación a la energía eléctrica.

3.3. Etapa 3: Propuestas de implementación y cuantificación de resultados.

Como se mencionó en la metodología, para la elaboración de las propuestas de mejora, se elaborará un ranking con los electrodomésticos y las prácticas que más impactan, con el fin de obtener una distribución de los consumos cuantificable y con posibilidad de ser optimizada.

Para ello, se tomarán en cuenta los siguientes datos:

- Información de la Secretaría de Energía de la Nación,
- Información proveniente de la realización de encuestas para evaluar las prácticas reales de los usuarios.

Esta información será traducida a TnCO₂eq, de esta forma será pertinente para efectuar las comparaciones necesarias.

Además, se tomará como punto de comparación las medidas adoptadas por otros países, los cuales son considerados como ejemplos a nivel global y se adaptarán las medidas en relación a los resultados obtenidos sobre la distribución de los consumos en región centro. Algunos de los países a considerar son Alemania e Italia como ejemplos a nivel global, y México, Brasil, Uruguay y Chile como parámetro comparables a nivel regional.

4. CONCLUSIONES.

El principal objetivo del presente proyecto se basa en la realización de un Manual de Buenas Prácticas, destinado a concientizar a los usuarios que residen en la región centro del país, y proponer alternativas para el consumo sostenible de energía eléctrica y gas natural a nivel residencial.

Es justamente su gran densidad poblacional, lo que permitió establecer como hipótesis inicial que, una mejora en los patrones de consumo de sus habitantes, se verá impactado positivamente en el consumo energético de los hogares.

Se observa una clara tendencia en la Zona Centro, en donde a medida que aumenta la cantidad de habitantes en el hogar, el consumo eléctrico tiende a incrementarse. Se pudo identificar claramente

la relación que existe entre el consumo de energía eléctrica y la población por hogar de la región centro.

Por otro lado, no existe relación entre el consumo de gas natural y la población por hogar de la región centro, por lo cual, el principal punto de mejora se orientará hacia los parámetros de consumo en relación a la energía eléctrica.

Luego de este análisis realizado, en el próximo paso se propondrán diferentes alternativas para generar ahorro energético y consumo eficiente. Como se mencionó en la metodología, para la elaboración de las propuestas de mejora, se elaborará un ranking con los electrodomésticos y las prácticas que más impactan, con el fin de obtener una distribución de los consumos cuantificable y con posibilidad de ser optimizada.

Esta información será traducida a TnCO₂eq, de esta forma será pertinente para efectuar las comparaciones necesarias, y en conjunto con las medidas correspondientes, conformarán el Manual de Buenas Prácticas de consumo sostenible de la región centro del país.

5. REFERENCIAS.

- [1] ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Página web] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/> (Consulta: Mayo, 2019)
- [2] ONU. Producción y consumo responsables: por qué son importantes. [Página web] Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/12_Spanish_Why_it_Matters.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
- [3] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Plan Argentina Innovadora 2020. [Página web] Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/argentina-innovadora-2030/plan-argentina-innovadora-2020> (Consulta: Mayo, 2019)
- [4] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Ambiente y Desarrollo Sustentable. [Página web] Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/plan-argentina-innovadora-2020/ambiente-y-desarrollo-sustentable> (Consulta: Mayo, 2019)
- [5] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico documento de referencia reducción de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reduccion_de_gases_invernadero_doc.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
- [6] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, adaptación al cambio climático en ambientes urbanos y valoración económica, medición y evaluación de servicios ecosistémicos. [Página web] https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reduccion_emision_gases_plan.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
- [7] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico reciclado de distintas corrientes de residuos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reciclado-de-residuos_doc.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
- [8] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico - Recursos Hídricos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/recursos_hidricos_doc.pdf. (Consulta: Mayo, 2019)
- [9] Universidad Católica Argentina (UCA). Observatorio de la deuda social Argentina. [Página web] <https://mapa.poblaciones.org/map/7201/#/@-39.189006,-62.552896,4z> (Consulta: Mayo, 2020)

Gestión de residuos en establecimientos de salud durante la emergencia sanitaria (COVID-19)

Migliavacca, Julieta^{1,2}; Saruf, Gustavo¹; Coronel, Cesar¹; Leonardt, Jose¹; Alves, Nancy²

1. Dirección General de Salud Ambiental- Sistema Provincial de Salud

Jmigliavacca1981@gmail.com

Av. Soldati 604 – SMT – Tucumán

2. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología -Universidad Nacional de Tucuman

Av. Independencia 1900 – SMT – Tucumán

Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°2*

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/issue/view/3>

RESUMEN:

El trabajo presenta el protocolo establecido para la Gestión de Residuos Sólidos Generados en Establecimientos de Salud, en tiempos de Covid-19; así también en el mismo se detallan las acciones a seguir en los casos de pacientes con aislamiento domiciliario y/o Centros de Aislamiento A1 o A2 de la provincia de Tucumán. El tratamiento de residuos en Establecimientos de Salud durante la emergencia sanitaria seguirá en líneas generales los mismos lineamientos que dispone la resolución Ministerial 134/2016, cuyos criterios viene cumpliendo la Provincia. Sin embargo, durante este periodo se modifican algunos conceptos en el tratamiento de los residuos comunes. Hasta la fecha no hay evidencia del riesgo de infección por el Nuevo Coronavirus a partir de residuos. Sin embargo, de acuerdo con lo observado para otros virus, se considera que los residuos podrían suponer un riesgo de infección para las personas que entren en contacto directo con ellos. El presente protocolo para una adecuada gestión de RSU generados durante la Emergencia Sanitaria por (COVID-19) busca: proteger y prevenir el contagio a través de los Residuos, proteger al personal encargado de la recolección de residuos sólidos urbanos y evitar que cualquier persona pueda tomar contacto con los residuos de un paciente sospechoso o confirmado de coronavirus.

Palabras Claves: Coronavirus, Residuos, Gestión, Establecimientos de Salud, Residuos Sólidos Urbanos

ABSTRACT

The work presents the protocol established for the Management of Solid Waste Generated in Health Establishments, in times of Covid-19; Likewise, it also details the actions to be followed in the cases of patients with home isolation and / or A1 or A2 Isolation Centers in the province of Tucumán. The treatment of waste in Health Establishments during the health emergency will broadly follow the same guidelines established in Ministerial Resolution 134/2016, the criteria of which the Province has been meeting. However, during this period some concepts in the treatment of common waste are modified. To date there is no evidence of the risk of infection by the New Coronavirus from waste. However, based on what has been observed for other viruses, it is considered that the residues could pose a risk of infection for people who come into direct contact with them. This protocol for an adequate management of MSW generated during the Sanitary Emergency by (COVID-19) seeks to: protect and prevent contagion through Waste, protect the personnel in charge of the collection of solid urban waste and prevent anyone from contact the waste of a suspected or confirmed coronavirus patient.

Key Words: Coronavirus, Waste, Health Establishments, Solid Urban Waste.

Impacto de la aplicación de buenas prácticas en el uso de calefacción tradicional y renovable en la Patagonia Argentina.

Alfarano, Javier*; Pereyra Guaycochea, Martina Nicolle; Moreno, Valeria Karina
Director: Coggiola, Mauricio

*Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba. Grupo GICAPP.
Maestro M. López esq. Cruz Roja, CP 5016, Córdoba, Argentina. utnpid2020@gmail.com*

RESUMEN.

El presente proyecto se basa en determinar el consumo energético de los hogares en la Región Patagónica de la República Argentina, con el objetivo de establecer parámetros de mejora que puedan ser implementados en busca de la optimización del consumo y del uso de los recursos.

Dentro de la Patagonia, se pueden distinguir dos regiones diferenciadas por las temperaturas invernales, que constituyen un factor determinante en el consumo de gas natural. Neuquén, Río Negro y Chubut constituyen la Región Norte de la Patagonia y comparten similares temperaturas durante el invierno. La Región Sur Patagónica, comprende las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego, y por su latitud, posee el clima más extremo [1] [2].

Se observa en un análisis preliminar que el mayor consumo energético se encuentra en el uso de gas natural para calefacción [4]. Es debido a esta climatología extrema que el consumo de gas natural en la Región es aproximadamente cinco veces mayor respecto al de las provincias que constituyen las Regiones Norte y Centro del país [4].

Por este motivo, se elaborará una propuesta de implementación de energías renovables para la calefacción de los hogares, obteniendo como resultado una reducción en el consumo de combustibles fósiles. Lo que se pretende es reemplazar un porcentaje de gas natural por la utilización de biomasa sólida [12].

Finalmente se cuantificará el impacto positivo de estas acciones en el medio ambiente y el ahorro económico respecto a las tarifas [13].

Palabras Claves: Biomasa, Calefacción Renovable, Región Patagonia.

ABSTRACT.

This research project is based on the determination of the energy consumption of households located in the Patagonian region of Argentina. The main objective is to develop several improvement parameters that can be implemented in order to achieve the optimization of consumption and the use of renewable and non-renewable resources.

Two different regions can be distinguished within Patagonia, differentiated by the level of winter temperatures, which are the main determining factor in natural gas consumption. Neuquén, Río Negro, and Chubut constitute the Northern Region of Patagonia and share similar temperatures during winter. The South Patagonian Region includes the provinces of Santa Cruz and Tierra del Fuego, and due to its latitude, it has the most extreme climate [1] [2].

In a preliminary analysis, it is perceived that the highest energy consumption at a household level can be found in the use of natural gas for heating [4]. This extreme weather is the principal factor in the determination of the consumption of natural gas in the region, which is approximately five times higher than the natural gas consumption of the northern and central regions of the country [4].

For this reason, one of the main objectives of the project is the development of a technical proposal for the implementation of renewable energies for heating households. The expected results are a reduction in the consumption of fossil fuels with the aim to substitute a percentage of natural gas with the use of solid biomass [12]. Finally, the positive impact of these actions on the environment will be measured [13].

Key Words: Biomass, Renewable Heating, Patagonian Region.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la Patagonia Argentina, se pueden distinguir dos regiones diferenciadas por las temperaturas invernales, que constituyen un factor determinante en el consumo de gas natural.

Neuquén, Río Negro y Chubut constituyen la Región Norte de la Patagonia y comparten similares temperaturas durante el invierno. La Región Sur Patagónica, comprende las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego, y por su latitud, posee el clima más extremo [1] [2].

Se observa en un análisis preliminar que el mayor consumo energético se encuentra en el uso de gas natural para calefacción. Esta información se obtiene del análisis de los datos provenientes de diversos organismos oficiales, como el servicio meteorológico y el ente nacional de gas natural (ENARGAS), entre otros [2] [4]. Es debido a esta climatología extrema que el consumo de gas natural en la Región es aproximadamente cinco veces mayor respecto al de las provincias que constituyen las Regiones Norte y Centro del país [4].

Por ello, se pretenden establecer alternativas sostenibles a este consumo, ya que es uno de los principales motivos de generación de gases de efecto invernadero en la región [13].

Se elaborará una propuesta de implementación de energías renovables para la calefacción de los hogares, obteniendo como resultado una reducción en el consumo de combustibles fósiles. Lo que se pretende es reemplazar un porcentaje de gas natural por la utilización de biomasa sólida [12].

1.1. Objetivo General.

El presente proyecto se basa en determinar el consumo energético de los hogares en la Región Patagónica de la República Argentina, con el objetivo de establecer parámetros de mejora que puedan ser implementados en busca de la optimización del consumo y del uso de los recursos.

1.1.1 Objetivos Particulares.

A raíz del objetivo principal planteado, se derivan los siguientes objetivos particulares:

- Elaboración de una propuesta de implementación de energías renovables para la calefacción de los hogares.
- Reducción en el consumo de combustibles fósiles. Lo que se pretende es reemplazar un porcentaje de gas natural por la utilización de biomasa sólida.
- Cuantificación del impacto positivo de estas acciones en el medio ambiente y el ahorro económico respecto a las tarifas.

2. METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo las acciones propuestas, en primer lugar, se realizará una caracterización de la región, teniendo en cuenta parámetros como la climatización y el consumo energético de la zona.

Esta caracterización se obtendrá del análisis de los datos provenientes de diversos organismos oficiales, como el servicio meteorológico y el Ente nacional de gas natural (ENARGAS) [2] [4]. Además, se utilizarán los datos del Instituto nacional de estadísticas y censos (INDEC) para caracterizar la población en la zona [3].

Luego, en base a los resultados obtenidos, se elaborará una propuesta de implementación de energías renovables para la calefacción de los hogares, ya que se presume que es aquí donde se puede generar un mayor impacto en cuanto a la eficiencia en el consumo energético.

Finalmente, se cuantificará el impacto positivo de estas acciones en el medio ambiente y el ahorro económico respecto a las tarifas, teniendo como medida de comparación las TnCO₂eq correspondientes [13].

2.1. Etapa 1: Caracterización de la Región.

La Patagonia Argentina, es una de las seis macro regiones que conforman a la república. Con el fin de caracterizar esta extensa región de nuestro país, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Población, cuya información se obtendrá principalmente de INDEC y se realizarán proyecciones al año 2019 a través de la utilización de Excel.
- Clima, para lo cual se tomarán datos del servicio meteorológico nacional.
- Consumo de energía eléctrica, lo cual se analizará en base a información obtenida de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMESA).
- Consumo de gas natural, cuya información se obtendrá principalmente de ENARGAS.

Estos parámetros serán procesados a través del software de inteligencia de negocios, POWER BI, con el objetivo de analizar la información obtenida y para definir un hogar tipo en la región que incluya todas estas características.

Se analizará en detalle las características climatológicas de las provincias que conforman la región y como es su comportamiento a lo largo del año de estudio, lo mismo para los consumos energéticos y finalmente se analizará la relación entre estos parámetros y la población local, calculando el coeficiente de correlación de Pearson para cada relación a partir de la siguiente ecuación [6]:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

Dónde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson

x = Valor del factor “x”

\bar{x} = Promedio del factor “x”

y = Valor del factor “y”

\bar{y} = Promedio del factor “y”

2.2. Etapa 2: Propuestas de Mejora.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de los consumos, se evaluará el foco principal que genera dicho consumo por hogar. Una vez detectado se analizarán los diferentes métodos que se utilizan en los hogares para esa tarea, que según se mencionó, en un análisis preliminar se estima que es la calefacción domiciliaria [2] [4].

En la actualidad, a nivel domiciliario, coexisten diferentes sistemas que permiten calefaccionar los ambientes. En esta etapa, se presentarán los más comunes que serán considerados para la investigación, tomando como criterio diferenciador la fuente de energía utilizada. Existen, diferencias en cuanto a diseño, funcionamiento, capacidad, precio, rendimiento, etc., parámetros que serán tenidos en cuenta para el análisis ponderado.

Además, se buscará una alternativa para la reducción de este consumo, priorizando la utilización de recursos renovables.

Finalmente, se establecerán criterios para calificar cada método y así poder determinar cuál es el más conveniente para el objetivo propuesto. Dándole un peso a cada criterio para luego realizar un análisis cualitativo de los mismos.

2.3. Etapa 3: Cuantificación de Resultados.

Teniendo en cuenta los criterios de análisis, y el peso establecido para cada uno, se realizará un análisis cualitativo por puntos, según la ponderación que se le dará a cada uno de los criterios, la cual se detallará en esta sección.

Este método consiste en asignar valores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes, a fin de obtener un puntaje sobre cada una de las opciones. Este método permite ponderar factores de preferencia para el investigador al tomar una decisión.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos se seleccionará el más conveniente tanto para la población como para el medio ambiente. A partir de ello, se analizará la disminución de consumo del recurso no renovable, así como de las TnCO₂eq emitidas.

3. RESULTADOS PARCIALES.

3.1. Etapa 1: Caracterización de la Región.

La Patagonia Argentina, es una de las seis macro regiones que conforman la república, constituye el extremo sur del país, como así también el de todo el continente americano. Abarca las provincias más australes: Neuquén, Santa Cruz, Río Negro, Chubut y Tierra del fuego, Antártida e Islas del atlántico Sur. Comprende también a la provincia de la Pampa y una pequeña zona del sur de Mendoza y Buenos Aires, los cuales fueron asignados a la zona centro [1] [2].

En cuanto al relieve de la región, se diferencian dos grandes zonas: este y oeste. La primera se caracteriza por ser un lugar de mesetas, con un clima frío y seco, y un bioma de estepa, con un relieve de planicies escalonadas cortadas por valles fluviales.

En cuanto a la segunda región, es terreno montañoso. Esta subregión concuerda con los Andes Patagónicos, con una vegetación que se divide entre bosque andino, por un lado, y subpolar magallánico. La mayor parte de este último se encuentra integrado por parques nacionales [1] [2].

3.1.1 Análisis Climatológico.

El clima de esta región se caracteriza por un marcado descenso de temperaturas promedio a medida que disminuye la latitud. Cabe mencionar que entre sus extremos norte y sur (Neuquén y Ushuaia), existen más de 1700 kilómetros, y esto, sumado a su lejanía con el Ecuador, permite que sus zonas se vuelvan cada vez más templadas conforme se acerca al Polo Sur [1] [2].

3.1.1.1 Clima y estaciones

El clima es templado-frío con temperaturas que disminuyen a medida que la latitud sur aumenta. En promedio, el sur patagónico posee una temperatura de hasta 10°C menos que el Norte [2]. Se realiza una breve descripción de las características climáticas que se pueden encontrar en las 4 estaciones.

Verano

En esta época las temperaturas del norte patagónico suelen sobrepasar los 20°C todos los días y durante la noche llegan a bajar hasta los 15°C, si recorren fuertes vientos, la temperatura logra un descenso de hasta menos de 10°C. En el sector sur usualmente no sobrepasan los 15°C y pueden bajar hasta los 5°C o menos. Como valores extremos, en el norte se puede registrar temperaturas mayores a los 35°C, mientras que las mínimas pueden llegar hasta los 5°C o incluso, hasta los 0°C. En el sur, la máxima suele rondar los 25°C y las mínimas de hasta -2°C [1] [2].

Otoño

En esta época, las temperaturas de la Patagonia van descendiendo periódicamente a lo largo de la estación, terminando con bajas temperaturas para dar paso al frío invierno patagónico.

En el sector noroeste, las temperaturas máximas al principio de la estación rozan los 20°C y la mínima llega hasta los 5°C, llegando hasta los 0°C al final de esta. En el sector noroeste, las temperaturas todavía sobrepasan los 20°C al principio del otoño, con temperaturas mínimas de 11°C. Al final de la estación, las temperaturas descienden a valores de 14°C de máxima y unos 3°C de mínima. Esta zona presenta importantes amplitudes térmicas dada su condición árida. Por último, en la Patagonia Sur, las temperaturas al inicio son entre 12° a 3° C, llegando al final a valores de entre 6° y -2° C. Las temperaturas extremas pueden llegar hasta los -20°C [1] [2].

Invierno

Si bien esta estación es la más hostil, también es la más visitada turísticamente, dados los centros de esquí existentes por las nevadas. En el sector noroeste, las temperaturas en esta estación van desde los 6°C hasta los -2°C, con extremas desde 15°C hasta -15°C. En el sector noreste, las temperaturas fluctúan entre los 11° y los 0° C, con extremas desde 15° hasta los -17° C. Por último, en la zona sur, los valores van desde los 5° hasta los -6°C, con un promedio de 2°C y las extremas oscilan entre los 18° y los -18° C [1] [2].

Primavera

En el noroeste, las temperaturas son de entre 15°C y -5°C en septiembre, en noviembre varían entre 23°C y -11°C. Las extremas van desde -8°C de mínima en septiembre, a 30°C en noviembre. En el sector sur, el primer mes cuenta con temperaturas de 9°C a -4°C y el último de la estación, 13°C a 3°C. Las extremas van de -11°C de mínima en septiembre a 24°C de máxima en noviembre [1] [2].

3.1.1.2 Temperatura Promedio por Región

El estudio de la temperatura promedio de las localidades más importantes de las provincias que conforman la región, arrojan como resultado dos zonas de temperaturas claramente diferenciadas, relativamente homogéneas internamente: lo que se podría llamar la Patagonia Norte, formada por las provincias de Neuquén, Chubut y Río Negro, con temperaturas muy similares entre sí; y por otro lado la Patagonia Sur, formada por Santa Cruz y Tierra del Fuego, con temperaturas sensiblemente menores que la región norte [1] [2].

En la figura 1 se puede diferenciar claramente las temperaturas que caracterizan a las dos zonas internas que conforman la Patagonia. Se puede observar como las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut comparten similares grados de temperatura a lo largo del año, donde se distingue por la superposición de las líneas del gráfico. Luego, se diferencian las temperaturas de Santa Cruz, seguido de Tierra del Fuego, con el clima más extremo de la región [1] [2].

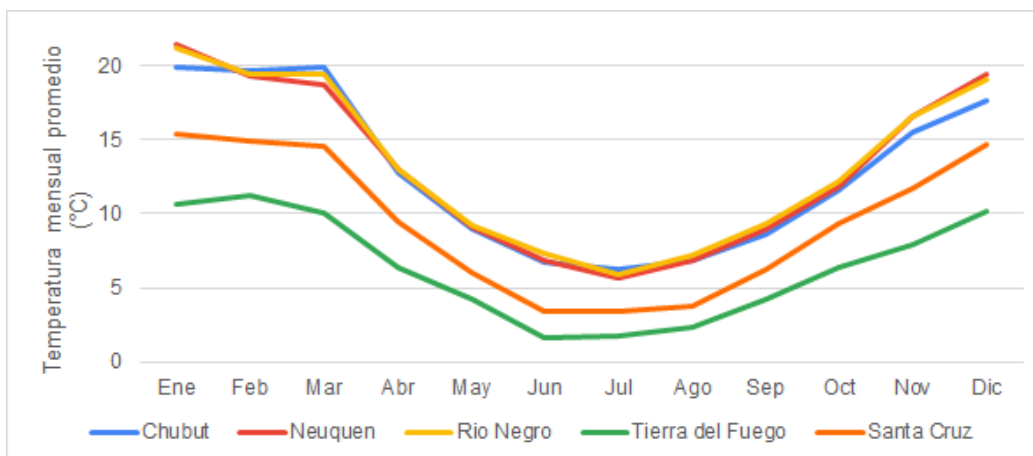


Figura 1 Temperaturas promedio por mes durante el ciclo 2019 en las provincias de la Patagonia.

En un principio se puede observar una clara diferencia de las temperaturas promedio de estación entre las dos regiones internas mencionadas anteriormente, Patagonia Norte y Patagonia Sur.

En el primer caso, se aprecian valores de temperaturas muy similares entre provincias para la misma estación. Para el segundo, son bastante menores que las primeras, pero no tan similares entre sí, siendo las de Tierra del Fuego sensiblemente menores.

Se pueden analizar entre las dos regiones, las **temperaturas invernales** por ser estas las más extremas para la supervivencia y un factor determinante para el consumo de gas natural, de esta manera se obtiene la información detallada a continuación.

- **Patagonia Norte:** se puede apreciar que la temperatura en los meses de invierno entre las tres provincias fluctúa entre 5 y 9 °C, con valores muy similares entre sí.
- **Patagonia Sur:** en este caso se hace una diferenciación, ya que las dos provincias no poseen valores de temperatura similares, aunque sensiblemente menores que las de la región Patagonia norte. Por un lado, Santa Cruz, las temperaturas varían entre 3 y 6°C, mientras que, en Tierra del fuego, estos valores se encuentran entre 1 y 4°C.

3.1.2 Población

La región Patagónica posee la particularidad de que es la zona más extensa de Argentina, en donde para la misma, la cantidad de habitantes es muy baja. Según datos del último censo en el año 2010[3], la población era de 2.100.188 de habitantes con una superficie de 783.316 km², teniendo así una densidad de 2,6 hab/km², calificándola como la región con la menor densidad poblacional. Debido a que los datos reales de la cantidad de habitantes de la Patagonia son provenientes del año 2010, se realizó el siguiente cuadro donde se visualiza la población y su proyección para el año 2019 [3].

Tabla 1 *Proyección de la población.*

Provincia	Censo 2010	Estimado 2019	Tasa de crecimiento
Chubut	513.433	608.729	1,19
Neuquén	571.910	655.501	1,15
Río Negro	648.277	738.060	1,14
Santa Cruz	275.452	356.647	1,29
Tierra del Fuego	131.661	169.183	1,28
Total	2.140.733	2.528.120	1,18

3.1.3 Consumo de Energía Eléctrica: Sistema Nacional eléctrico en Zona Sur

Anualmente, la empresa administradora del mercado energético (CAMMESA) proporciona informes para poder analizar la situación energética del país. Con los datos que se extrajeron de dichos informes podemos visualizar cómo es la situación de consumo de energía eléctrica en la región en estudio. Es importante aclarar que la provincia de Tierra del Fuego no forma parte de la red que administra CAMMESA, es decir, no se encuentra conectada al Sistema Argentino de Interconexión. CAMMESA divide a la zona sur de la siguiente manera, considera a la región Comahue, constituida por las provincias de Neuquén y Río Negro y por otro lado la Patagónica, conformada por las provincias de Chubut y Santa Cruz.

A partir de lo anterior, resulta interesante indicar la participación en la demanda eléctrica que tuvieron las regiones mencionadas para el año 2018, para poder visibilizar su consumo y como se encuentra en relación con las otras regiones, ya que la demanda es un parámetro de estudio fundamental para este Proyecto.

A continuación, se indica una tabla elaborada por el ente regulador, indicando la participación en porcentajes de la demanda que obtuvieron las distintas regiones para el año 2018 [4].

Tabla 2 *Demanda eléctrica.*

Zona	Demanda (GWh)	% de participación
Buenos Aires	15.167	11,4%
Centro	11.555	8,7%
Cuyo	8.132	6,1%
Gran Bs. As.	50.187	37,7%
Litoral	16.364	12,3%
Noreste	9.746	7,3%
Noroeste	11.173	8,4%
Comahue	5.037	3,8%
Patagónica	5.647	4,2%
Total	113.008	100%

Nota. Fuente "Valores Anuales 2018" de CAMMESA

Se puede observar cómo la Región Sur en su totalidad representó para 2018 el 8% de la demanda total del país. Es interesante resaltar que el Gran Buenos Aires representó el 37,7% de la demanda

total y su población para el 2018 era el 30% del país, en donde este porcentaje poblacional **se encuentra concentrado en un 0,5% del total del territorio argentino.**

Como se mencionó anteriormente, Tierra del Fuego no se encuentra en los datos mencionados. La provincia produce energía eléctrica a través de la Cooperativa Eléctrica de Río Grande y la Dirección Provincial de Energía de Ushuaia, donde en ambos casos, la energía proviene utilizando grandes volúmenes de gas natural. Debido a esto, Tierra del Fuego fue la única provincia de Argentina que no sufrió el apagón masivo que hubo el 16 de junio del año 2019.

Para el año 2019, el consumo eléctrico total que obtuvo la región de estudio fue de **2.402.088,31 MWh** equivalente a **2.402,09 GWh**, en donde se distribuyó en las distintas provincias según se indica en el siguiente gráfico.

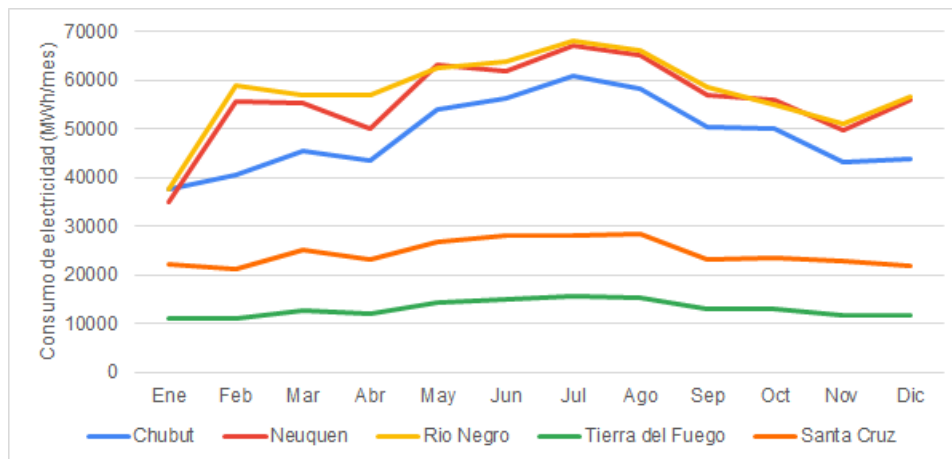


Figura 2 Consumo eléctrico mensual en las provincias del Sur.

La diferencia de los consumos eléctricos de las distintas provincias del Sur se encuentra directamente asociada al nivel de población que posee cada una. Aquellas provincias que superan los 600.000 habitantes ([1] proyección 2019) son las que poseen los consumos más elevados, luego siguen las provincias de la Patagonia Sur, donde por un lado se encuentra Santa Cruz por encima de Tierra del Fuego con una población estimada de aproximadamente 360.000 habitantes, en donde la última mencionada no llega a superar 170.000 ciudadanos ([1] proyección 2019).

Se puede apreciar como los consumos de Tierra del Fuego y Santa Cruz poseen una distribución relativamente constante a lo largo del año 2019, a diferencia de las demás provincias, en las cuales se observan picos de consumo y caídas. Los picos de consumo se manifiestan durante los meses de invierno. Esto último se encuentra asociado a la utilización de equipos eléctricos para complementar la calefacción del hogar.

3.1.4 Consumo de Gas Natural: Sistema Nacional de Gas Natural en Zona Sur

La cobertura de la red de gas natural abarca gran parte del territorio de la República Argentina, donde para el caso de la región Patagónica llega a la totalidad de las provincias. Solo en zonas o pequeños sectores muy inhóspitos o alejados deben recurrir a gas envasado para la calefacción u otro sistema que le permite climatizar el hogar, como es el caso de las estufas.

Argentina cuenta con una gran producción de gas natural, mediante datos obtenidos de ENARGAS se obtuvo que en 2018 la República inyectaba 168 millones de metros cúbicos por día a través de las redes de gasoductos. [5] Para el año 2019, el consumo de gas natural total que obtuvo la región de estudio fue de **2.497.898.000 m³**, en donde se distribuyó en las distintas provincias según se indica en el siguiente gráfico.

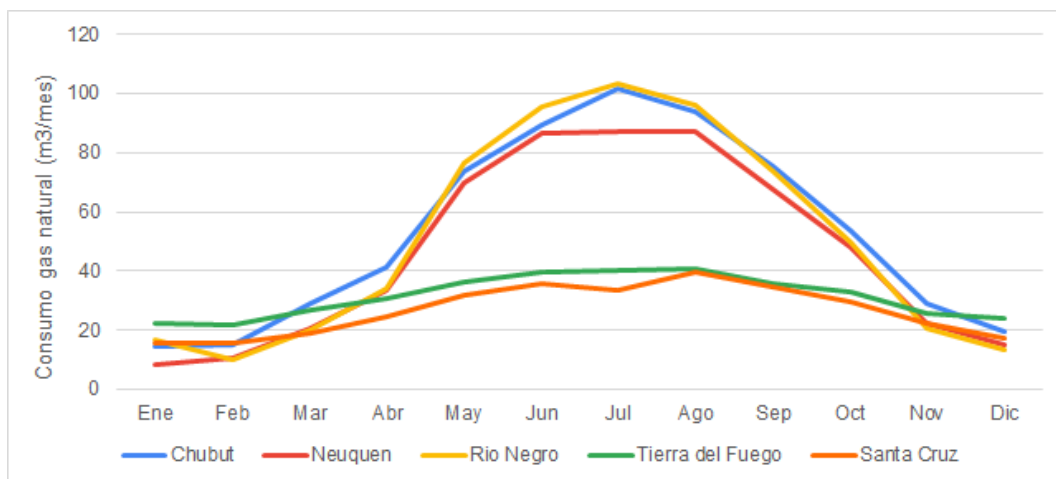


Figura 3 Consumo de gas natural mensual en las provincias del Sur.

Al igual que con el consumo eléctrico, se puede observar como las provincias con mayor densidad poblacional proyectado para el año 2019, poseen los consumos más elevados. A partir del mes de abril, cuando el clima frío comienza se observa el ascenso en la curva de consumo.

De igual manera, es necesario mencionar como la provincia de Tierra del Fuego presenta al igual que en el consumo eléctrico, una demanda de gas natural relativamente constante a lo largo de todo el año 2019, siendo en el mes de enero, la más elevada de las cinco provincias de estudio. Lo recién descrito se encuentra relacionado con los climas extremos que posee la provincia más austral del país.

3.1.5 Análisis de correlación

A partir de los datos obtenidos se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre los factores analizados de la región. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1 Correlación de factores

Relación	Índice
Consumo eléctrico Vs. Habitante por hogar	-0,06
Consumo de gas Vs. Habitante por hogar	0,64
Consumo eléctrico Vs. Temperatura	-0,848
Consumo de gas Vs. Temperatura	-0,982

De lo observado, resulta que hay una baja relación entre la cantidad de habitantes en el hogar y su consumo. Siendo la temperatura el factor predominante.

Teniendo en cuenta que la mayor relación se encuentra en el consumo de gas debido a la temperatura, se continúa el análisis considerando este recurso. Cabe destacar que, para el caso de estudio, se considera que el consumo de energía eléctrica vinculada con la temperatura se debe a la dificultad en el acceso a la red de gas natural de las viviendas, por lo que se buscara un método sustentable que sea de fácil acceso para toda la población cubriendo este criterio.

3.2. Etapa 2: Propuestas de Mejora.

3.2.1 Foco de consumo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se observa que el servicio de mayor consumo por los habitantes de la zona sur es el gas. A continuación, se analizará cómo se distribuye un consumo normal en un hogar tipo.

Se supone un hogar con 4 habitantes con las siguientes características de consumo:

- Un calefón con piloto de 14 litros por minuto, el cual cada habitante utiliza una vez al día para bañarse y al momento de cocinar.
- Un horno y una hornalla grande, las cuales consideraremos que se utilizan dos horas por día para cocinar para toda la familia.
- Dos calefactores, uno de 3000 kcal/h que está encendido todo el día, y uno de 2500 kcal/h que se enciende cuando sienten frío.

De esta forma, en un consumo mensual promedio se obtienen los siguientes valores, donde se puede observar como el uso de gas para calefacción representa un estimado del 75% del consumo promedio de un hogar.

Tabla 2 Consumo de gas de un hogar tipo.

Artefacto	Función	Consumo estimado mensual (en m ³)	Relevancia
Calefón con piloto 14 litros/min	Calentar agua	64,97	14,84%
Quemador de hornalla grande	Cocinar	13,42	9,06%
Quemador de horno		26,23	
Calefactor 3000 kcal/h	Calefacción	234,24	76,10%
Calefactor 2500 kcal/h		98,82	
Total		437,68	100%

3.2.2 La climatización en la actualidad.

En la actualidad, a nivel doméstico, coexisten diferentes sistemas que permiten calefaccionar los ambientes. Existen diferencias en cuanto a diseño, funcionamiento, capacidad, precio, rendimiento, etc. A continuación, se presentan los más comunes que fueron considerados para la investigación, tomando como criterio diferenciador la fuente de energía utilizada.

3.2.2.1 Climatización eléctrica.

Caloventor

El caloventor es un equipo de calefacción que funciona con energía eléctrica. Costa de una serie de resistencias por la cual circula corriente que genera calor por efecto Joule. A través de dichas resistencias, circula aire forzado por un soplante.

Los caloventores son los sistemas de calefacción más económicos de adquirir, pero su rendimiento es muy bajo, por lo cual, a la hora de comparar consumos, suele quedar en las últimas posiciones. Por otra parte, su reducido tamaño, su capacidad para calefaccionar queda limitada a un recinto no mayor a un baño pequeño.

Convector

Los convectores son otro sistema de calefacción que utilizan electricidad para funcionar. A diferencia de los anteriores, estos no utilizan aire forzado por un soplante, sino que en su interior posee unas resistencias que calientan el aire y por convección, este sube por las rejillas, permitiendo el ingreso del aire por la parte inferior. Tanto su rendimiento como su capacidad para calefaccionar (dado que vienen de mayores tamaños) son superiores a los caloventores, aunque su precio es levemente más elevado. [7]

Aire acondicionado Split

El sistema de aire acondicionado Split, es uno de los equipos para climatización doméstica más utilizados en el mundo. Este sistema basa su funcionamiento en el ciclo frigorífico, el cual no consiste en generar aire frío, sino en extraer el calor del aire de la estancia que se quiere climatizar. Para lograr esto, el equipo cuenta con un compresor que permite la circulación de un gas refrigerante mediante un circuito de tuberías de cobre cambiando de estado líquido a gaseoso y viceversa. Este cambio de estado permite el intercambio térmico que logra extraer el calor sobrante del aire local, consiguiendo así, bajar la temperatura del ambiente. [8]

Inicialmente estos equipos tenían la capacidad solo para refrigerar ambientes en épocas de calor, eran grandes, ruidosos y, además, su costo era muy elevado, por lo cual su uso se reducía solamente a oficinas y centros comerciales.

Con el paso del tiempo, su costo se fue reduciendo hasta el punto de ser accesibles para usos domésticos, además de que aparecieron los equipos llamados “frío/calor”, los cuales además de la función normal de refrigerar el ambiente, pueden utilizarse en modo de calefacción. Estos últimos fueron los considerados para la investigación.

3.2.2.2 Climatización a gas natural.

Este tipo de calefacción adquirió gran popularidad en zonas donde se accede a gas natural mediante una red domiciliaria, reduciendo de manera importante el costo de uso respecto de las estufas diseñadas para garrafa. Estas últimas no se consideraron para la investigación, ya que, al no contar con gas natural de red, siempre será conveniente un sistema de calefacción eléctrico.

Las estufas de gas generan buena calefacción y tienen capacidad para superficies mayores que las eléctricas, aunque cuentan con la desventaja de necesitar una instalación de gas, además de contar con un sistema de extracción de gases ya que la combustión toma oxígeno del ambiente.

Actualmente existen las estufas de tiro balanceado, que poseen una cañería doble hacia el exterior que les permite tomar aire y despedir los gases de combustión.

Esto último vuelve a estos sistemas más eficientes y mucho más seguros. [9] En zonas donde hay gas natural de red, suelen ser preferidas en lugar de las eléctricas, ya que es más económico operarlas como consecuencia de los importantes subsidios al consumo de gas natural.

3.2.2.3 Climatización por Biomasa.

Estufa a leña

Aquí se encuentran las estufas a leña, también llamadas salamandras, que funcionan a base de quemar combustible sólido, como lo es en la mayoría de los casos madera cortada, aunque también puede utilizarse carbón o briquetas de biomasa.

Estos sistemas cuentan con una entrada de aire del exterior para realizar la combustión y una cañería que asciende verticalmente hacia las afueras del espacio en el que se encuentra.

Están construidas con una estructura metálica, utilizando ladrillos refractarios en su interior, además de canales internos para que circulen los gases de la combustión antes de salir al exterior. Estas características constructivas permiten elevar su rendimiento térmico, mucho mayor que el de las salamandras metálicas antiguas. [10]

Cabe aclarar que la calidad del calor, la iluminación y el sonido que produce la combustión de la leña, hace que estos sistemas sean muy populares para ambientes de relajación, como salas de estar de hoteles o cabañas, además de ser un elemento muy decorativo. El costo de estos sistemas no es elevado, pero sí puede serlo el de la leña, dependiendo de su disponibilidad.

Estufa a pellets

Este tipo de estufas son muy similares a las anteriores, pero en lugar de quemar briquetas o leñas de madera, están diseñadas para ser alimentadas con pellets de biomasa. Los pellets son combustible sólido granulado de forma alargada, fabricados a partir de biomasa obtenida de los residuos de la industria maderera.

Las características granulares de este combustible le permite un fácil tratamiento, almacenamiento, transporte y utilización, además de ser seco, seguro y liviano. Al ser un material obtenido a partir de desechos de procesos industriales, son de fácil acceso, renovable y barato. Aprovechan mejor el espacio que la leña común, por lo que tiene una mayor densidad aparente.

3.2.3 Criterios de comparación.

Sobre cada método de calefacción estudiado, se realiza una comparación considerando los siguientes criterios.

3.2.3.1 Rendimiento del equipo

En cuanto a la comparación del rendimiento, es necesario realizar ciertas consideraciones:

- Las fuentes de donde los equipos obtienen la energía para transformar en calor son diferentes, por lo cual no es posible realizar una comparación directa con una fórmula del tipo cantidad de calor generado / cantidad de energía consumida en todos los casos.
- La capacidad de los equipos para calefaccionar no es la misma, ya que algunos están diseñados para calefaccionar recintos de pocos metros cuadrados (Ej: un baño) y otros, equipos tienen la capacidad de calefaccionar un ambiente de hasta 100m².
- Dentro de los mismos equipos, pueden existir diversos modelos con rendimientos diferentes, como las estufas a gas comunes y las llamadas “de tiro balanceado” o los aires acondicionados, por lo cual se consideraron equipos de precios más accesibles al estar este proyecto orientado al uso doméstico.

Este criterio, fue considerado de suma importancia a la hora de realizar la comparación, ya que el rendimiento es un factor intrínseco de cada sistema y es fundamental analizar las ventajas y desventajas que conlleva elevar este valor para cada equipo, como así también la disponibilidad de la fuente de energía que requiere para su funcionamiento.

Por todo lo explicado anteriormente, a la hora de evaluar la ponderación de esta característica para comparar con los demás equipos, se le asignó un peso correspondiente al 15% del total.

3.2.3.2 Impacto Ambiental

El impacto ambiental es un cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la actividad y a la intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos. [11]

Uno de los objetivos de este Proyecto es involucrar y analizar el impacto ambiental que generan los equipos de calefacción doméstica y buscar alternativas para poder reducir dicho impacto, es por ello que se le asignó un peso considerable debido a la importancia que este posee, correspondiente a un 15% del total.

3.2.3.3 Disponibilidad de Combustible

Cuando se habla de combustible, se hace referencia a la fuente de energía que utilizan los equipos que se están analizando para poder emitir el calor necesario y de esta manera, lograr la calefacción adecuada para el hogar.

La necesidad de combustible es vital para el funcionamiento de los equipos. Debido al avance de la tecnología, hoy en día podemos contar con acceso fácil y rápido a los distintos tipos de combustibles. Si bien existen diferencias entre las distintas formas, el acceso no es dificultoso y se encuentran

disponibles, solo uno se haya más ventajoso que el otro. Es por eso que se decidió dar un peso de un 10% para este criterio, con respecto al total.

3.2.3.4 Mantenimiento

Este es el conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado específico para que pueda cumplir su función requerida. Dependiendo del tipo de equipo que se trate, el usuario va a requerir para el mismo un mayor o menor mantenimiento, donde en algunos casos esto llega a ser vital para la salud humana.

Dichos mantenimientos no requieren que la persona sea un especialista técnico, sólo basta con consultar el manual y leer las recomendaciones que se deben tener a la hora de limpiar el equipo, aunque en algunos casos es necesario contactar a un técnico para que realice el mantenimiento adecuado en ciertos sistemas, pero la frecuencia de tiempo para dicho requerimiento es relativamente alta. Teniendo en cuenta lo descrito se decidió por darle un peso del 10% respecto al total de los criterios.

3.2.3.5 Complejidad de Instalación

Cuando se habla de instalación se refiere a las operaciones que se encuentran involucradas desde la obra necesaria para el funcionamiento del sistema, hasta su puesta en marcha.

Este es un criterio importante que se considera a la hora de elegir el equipo de calefacción para el hogar, ya que si es el espacio físico no cumple ciertos requisitos, o el costo para la obra es muy alto, o el tiempo que se lleva a cabo para la instalación es elevado.

Esto conduce a buscar entre distintas alternativas de calefacción. Es por ello que el peso que se decidió establecer corresponde a un 15% respecto del total.

3.2.3.6 Capacidad de Calefacción

Este criterio fue al que se le asignó el mayor valor de ponderación debido a la trascendencia del mismo por ser el primer factor a analizar a la hora de climatizar un recinto. Esta relevancia es tal, que, para ciertas dimensiones, algunos sistemas tienen que ser descartados por no tener la capacidad suficiente.

La capacidad de calefacción de un sistema se define como la mayor superficie que un solo equipo puede climatizar de manera homogénea, en un lapso de tiempo corto (no mayor a 30 min), sin ningún tipo de inconvenientes. Esta depende de dos factores principales: la tecnología del equipo y su tamaño. Se consideró que el peso correspondiente para este criterio es de un 25% del total.

3.2.3.7 Precio

Para la comparación de precios de los equipos, se consideraron equipos estándares, que son los de uso más difundido entre los usuarios para calefacción doméstica. Cabe recordar que la superficie estándar seleccionada para esta investigación es de 100 metros cuadrados. Los precios considerados, fueron dolarizados para evitar distorsiones de tipo inflacionarias.

Si bien el precio es un elemento de importancia a la hora de definir qué sistema adquirir, hay que recordar que los sistemas de calefacción suelen durar muchos años, por lo que se los considera muchas veces una inversión y el precio suele tener menor ponderación que la complejidad de instalación, la capacidad de calefacción o el rendimiento del equipo y, algo que cobra mayor relevancia en la actualidad, el impacto ambiental. El peso establecido para la ponderación a la hora de comprar los equipos fue del 10%.

3.3. Etapa 3: Cuantificación de Resultados.

Teniendo en cuenta los criterios de análisis, y el peso establecido para cada uno, se realizó un análisis cualitativo por puntos obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3 Análisis cualitativo de artefactos para calefacción residencial.

Criterio	Gas	Pellet	Leña	Caloventor	Convector	Aire
Rendimiento del equipo	6	9	8	2	4	7
Impacto ambiental	7	10	8	6	7	8
Disponibilidad de combustible	8	6	7	9	9	9
Mantenimiento	5	4	4	9	10	8

Complejidad de instalación	4	6	6	10	10	5
Capacidad de calefacción	6	10	9	2	5	8
Precio	6	4	5	9	8	5
Calificación	5,95	7,65	7,15	5,9	7,1	7,2

Este análisis indica que la opción de calefacción más conveniente resulta ser la estufa de pellet, siendo esta la más eficiente en cuanto a su rendimiento y la menos contaminante al reutilizar residuos forestales.

Teniendo en cuenta que la estufa de pellet posee una emisión de CO₂eq prácticamente nula [12], se puede realizar un supuesto de la cantidad de CO₂eq producida en la Patagonia para calefacción se podría ahorrar.

Considerando que aproximadamente el 75% del gas consumido se utiliza para calefacción en esta región, y que el consumo total anual de la misma es de 2.497.898.000 m³ y de los cuales 1.873.423.500 m³ de gas natural se utilizan para calefacción; si se implementaran estufas de pellet en todos los hogares de la Patagonia, se reduciría la emisión de CO₂eq en 3.804.923 Toneladas [13].

Por otro lado, si se considera que en un hogar tipo, con 4 habitantes, se destinan 333 m³ de gas natural para calefacción, con la nueva propuesta se reduciría en un 25% la emisión de CO₂eq por habitante [14].

4. CONCLUSIONES.

El presente proyecto se basa en determinar el consumo energético de los hogares en la Región Patagónica de la República Argentina, con el objetivo de establecer parámetros de mejora que puedan ser implementados en busca de la optimización del consumo y del uso de los recursos.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de los consumos, se evaluó el foco principal que genera dicho consumo por hogar, el cual resultó ser como se había anticipado, la calefacción residencial.

Una vez detectado se analizaron los diferentes métodos que se utilizan en los hogares para esa tarea. En la actualidad, a nivel domiciliario, coexisten diferentes sistemas que permiten calefaccionar los ambientes. En esta etapa, se presentaron los sistemas más comunes que fueron considerados para la investigación, tomando como criterio diferenciador la fuente de energía utilizada.

A través del análisis cualitativo de los diferentes artefactos para calefacción residencial, se pudo determinar que la estufa a pellet es la opción más favorable debido a la eficiencia en cuanto a su rendimiento y la baja contaminación ambiental que genera. Por otro lado, los datos observados nos permiten concluir que, con la implementación de un combustible renovable en el uso cotidiano, como lo es la calefacción, se podría reducir la huella de carbono de cada habitante en un 25%.

Se demuestra que un cambio en lo que respecta a climatización residencial es beneficioso no solo por reducir las emisiones de CO₂eq, sino también, por la mayor eficiencia energética que este combustible posee.

5. REFERENCIAS.

- [1] Instituto Geográfico Nacional. Geografía. Información Geográfica. [Página web] Disponible en: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/DivisionPolitica> (Abril, 2020)
- [2] Ministerio de Defensa. Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climáticas Normales. [Página web] Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-24> (Abril, 2020)
- [3] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo poblacional 2010. Proyecciones y estimaciones. [Página web] Disponible en: <https://ssl.smn.gob.ar/dpd/observaciones/estadisticas.txt> (Abril, 2020)
- [4] CAMMESA. Informe Anual. [Página web] Disponible en: <https://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx> (Junio, 2020)
- [5] ENARGAS. Atlas Histórico de Gas. [Página web] Disponible en: <https://www.enargas.gob.ar/secciones/informacion-geografica/atlas-historicos-del-gas.php> (Junio, 2020)
- [6] Kenney, J. F. and Keeping, E. S., Mathematics of Statistics, Pt. 2, 2nd ed. Princeton, NJ: Van Nostrand, 1951.

- [7] TESH. ¿Qué es un convector eléctrico, como funciona y qué ventajas tiene como sistema de calefacción? [Página Web]. Disponible en: <https://tesy.es/blog/convector-electrico/> (Junio, 2020)
- [8] CALORYFRIO: el portal sectorial de las instalaciones. ¿Cómo funciona un aire acondicionado? Infografía. [Página Web]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/como-funciona-el-aire-acondicionado-infografia.html> (Mayo, 2020)
- [9] Sepa como instalar regional. Reglamentos básicos de las estufas de tiro balanceado. [Página Web]. Disponible en: <https://sepacomoinstalar.com.ar/cuales-son-los-aspectos-reglamentarios-basicos-de-las-estufas-de-tiro-balanceado/>
- [10] BLOGChimecal. Conoce el funcionamiento de estufas de leña. [Página Web]. Disponible en: <https://www.chimecal.com/blog-chimecal/funcionamiento-estufas-leña/> (Mayo, 2020)
- [11] Significados. ¿Qué es el impacto ambiental?. [Página Web]. Disponible en: <https://www.significados.com/impacto-ambiental/> (Mayo, 2020)
- [12] Eider Biomasa. Manual de instrucciones estufas de pellet. [PDF]. Disponible en: <https://www.eiderbiomasa.com/es/> (Mayo, 2020)
- [13] CeroCO2. Calculadora huella de carbono. [Página Web]. Disponible en: <https://www.ceroco2.org/calculadoras/> (Mayo, 2020)
- [14] Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., Solazzo, E., Olivier, J.G.J., Vignati, E. Fossil CO2 emissions of all world countries - 2018 Report

Empresas Excelentes Herramientas Usadas

Lopez, Ana María; Sacco, Alfonso, Cavaccini Antonella, Castiglioni Celeste

*Facultad Ingeniería, Universidad del Salvador.
anamarialopez@usal.edu.ar.*

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y comparar los distintos modelos de excelencia BEM (Business Excellence Models) que utilizan los países para otorgar reconocimientos a la gestión de las organizaciones sean estas empresas u organizaciones sin fines de lucro. Se compararon los distintos atributos que se utilizan para evaluar la maduración del Sistema de Calidad de los modelos Argentino, de países latinoamericanos, el Iberoamericano, el Malcolm Baldrige, el de la European Foundation for Quality Management, el modelo 4P desarrollado por la Universidad de Linkoping en Suecia, el de Australia, Canadá y Nueva Zelanda así como el Deming y el Japanese Quality Award. Dentro de los atributos analizados se encuentran el liderazgo, planeamiento estratégico, clientes y mercados, recursos humanos, económicos, naturales, innovación, mejora continua y sus correspondientes resultados. Para el caso de los ganadores de los premios de Argentina, Estados Unidos y Japón se revisaron las herramientas utilizadas.

Palabras Claves: “Modelos de Excelencia BEM”, “TQM”, “Mejora continua”, “Herramientas de gestión”, “Sustentabilidad”.

ABSTRACT

The purpose of this work is to study and compare the different BEM (Business Excellence Models) that countries use to grant recognition to the management of organizations, whether these are companies or non-profit organizations. The different attributes used to evaluate the maturation of the Quality System were compared for the following models: Argentine, Iberoamericano, Malcolm Baldrige, the European Foundation for Quality Management, the 4P model developed by the University of Linkoping in Sweden, Australia, Canada and New Zealand as well as the Deming and the Japanese Quality Award. Among the attributes analyzed are: leadership, strategic planning, customers and markets, human, economic and natural resources, innovation, continuous improvement and their corresponding results. In the case of the award winners from Argentina, United States and Japan, the tools used were reviewed.

Keywords: "BEM Excellence Models", "TQM", "Continuous improvement", "Management tools", "Sustainability"

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación contempla el análisis de los modelos de Excelencia para las organizaciones en el ámbito privado (BEM: Business Excellence Models), reconocidos en los distintos países y las metodologías para lograr aplicarlo íntegramente.

Hay acuerdo en el mundo académico y empresarial en los criterios/atributos de calidad que deben ser incluidos en los modelos de excelencia tanto para empresas como para organizaciones sin fines de lucro (OSFL). También hay acuerdo de que se deben considerar todos los “partícipes necesarios” (stakeholders) para asegurar la sustentabilidad de las empresas y OSFL.

Los criterios/ aspectos/atributos que se consideran generalmente en los BEM son:

- Liderazgo del equipo de dirección
- Responsabilidad Social Empresaria
- Gestión de la Innovación
- Gestión de la Mejora Continua
- Planeamiento Estratégico
- Gestión de los Procesos
 - Procesos de Diseño
 - Procesos Operativos
 - Procesos de Compras
- Gestión de los Clientes y Mercados y de Beneficiarios (en OSFL)
- Gestión de los Recursos Humanos
- Gestión de los Recursos Económico-Financieros
- Gestión de los Recursos Naturales
- Gestión de la Información y del Conocimiento
- Resultados de los procesos antes mencionados de clientes, mercados, beneficiarios (en OSFL), recursos humanos, recursos naturales, responsabilidad social empresaria y económico financieros.

En función de la adherencia a estos modelos, los países otorgan Premios a la Calidad, generalmente entregados por los presidentes, en función del cumplimiento con la propuesta del modelo de excelencia (BEM) adoptado en cada país.

En todos los casos antes mencionados las presentaciones son voluntarias. La metodología de evaluación realizada por expertos es similar en cada país. Generalmente el máximo puntaje es de 1.000 puntos. El premio lo recibe la organización que obtiene el mayor puntaje y que haya cumplido satisfactoriamente con todos los criterios / aspectos, sin exclusión.

Dadas las exigencias del modelo de excelencia (BEM) resulta dificultoso para las organizaciones obtener un alto puntaje esto fue estudiado por Hutton [14] en empresas de Canadá y USA. Es por ello que algunos países como Canadá y Nueva Zelanda han optado por entregar premios por área de gestión, por ejemplo: al servicio de excelencia a la excelencia del marketing, a la contribución a la comunidad, a la innovación recientemente se desarrolló el premio a la innovación también en Argentina.

También han surgido también premios otorgados por aspectos parciales y para determinados tipos de industrias. Por ejemplo: *Balanced Scorecard BSC Award* aplicado al Planeamiento Estratégico, COPC® (Customer Operation Performance Center) aplicado a centros de atención al cliente, el de bancos y PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas), etc.

En estos casos se pierde los beneficios de la sinergia para la mejora continua al no utilizar un modelo holístico (BEM).

Si bien los premios tienen tres categorías: empresas grandes, medianas y pequeñas, en la República Argentina sólo se han presentado empresas grandes y medianas. El 70% de los ganadores son empresas y el 30% organizaciones sin fines de lucro. El 56,7% de las empresas ganadoras son grandes y el resto medianas nacionales.

Considerando lo antedicho, se estudiará en profundidad todos los casos presentados en la Argentina desde 1994 cuando se instauró por ley 24.127 / 92.

De un estudio preliminar de las empresas que se presentan en la República Argentina se observa que el grado de dificultad y el logro de cumplimiento para los objetivos mencionados es disímil.

1.1. Objetivos de la Investigación

El objetivo de la presente investigación es comparar los distintos modelos y determinar patrones comunes.

Estudiar las herramientas utilizadas por los ganadores de los distintos modelos de Excelencia. Determinar el grado de solapamiento o contribución que las certificaciones ISO hacen al modelo de excelencia argentino (ISO 9001, ISO 14001, ISO 22001, ISO 26000, ISO 45001. ISO 50001). Determinar áreas de gestión común entre el modelo de excelencia y los distintos modelos propuestos para las certificaciones.

1.2. Motivación de la investigación

Los ganadores del Premio Nacional a la Calidad en Argentina y del Malcolm Baldrige en USA, (ídem EFQM, Iberoamericano, etc.) son organizaciones que han logrado el mayor reconocimiento nacional por sus prácticas de gestión y sus resultados sostenidos en el tiempo.

Merece destacarse que distintas publicaciones académicas y del NIST: National Institute of Standards and Technology demuestran que las empresas ganadoras obtienen mejores resultados financieros que las 500 empresas del índice Standard & Poors 500, lo cual confiere un especial interés en el mundo privado.

Muchas organizaciones comparan con estos modelos de Excelencia sus prácticas de gestión. Sin embargo, incluso las organizaciones maduras y de alto rendimiento tienen oportunidades de mejorar sus enfoques y metodologías. Por lo cual el estudio de las herramientas utilizadas es de interés.

La propuesta de este proyecto de investigación es hacer el estudio de las herramientas de las empresas ganadoras del premio en USA tomando como base sus documentos de presentación “relatorios” al Malcolm Baldrige y extender este estudio a los ganadores del Premio Argentino al sector privado y del modelo Deming (Japon).

Desde su creación en 1988, los criterios de Baldrige han evolucionado desde un enfoque de prácticas de gestión de la calidad a un marco amplio para la excelencia del desempeño organizacional en un mundo cambiante. Lo mismo ocurrió con el Premio a la Calidad en Argentina desde 1992 a la fecha.

Los beneficiarios de los premios se someten a una evaluación rigurosa y minuciosa de equipos de examinadores experimentados y un panel nacional de jueces.

Aunque todos los beneficiarios tuvieron seguimiento de los registros de mejora continua al momento de la entrega del premio y habían alcanzado altos niveles de rendimiento no se hace seguimiento (como ocurre en las certificaciones ISO 9001 o ISO 14001) del desempeño posterior que puede haber variado.

El premio Iberoamericano presenta la oportunidad de seguimiento, aunque este no es obligatorio como ocurre anualmente con las certificaciones ISO.

En USA se creó un “*Consortio Destinatario del Premio Baldrige*” (*Baldrige Award Recipients (BAR)*) para facilitar el intercambio de mejores prácticas y el aprendizaje entre los destinatarios.

En 2006, el Instituto Monfort de la Universidad del Norte de Colorado organizó encuentros colaboración única entre investigadores académicos y representantes del Consortio BAR (Latham, 2008) con el objetivo de: “fomentar la colaboración para una agenda de investigación”.

Sería de interés realizar algo similar y tener un foro donde discutir las mejores herramientas que se desprenden de los casos estudiados (cuya base podría ampliarse) y asegurar que las mismas son conocidas por las empresas nacionales, especialmente las pequeñas y medianas.

1.3. Metodología

La metodología consistió en las siguientes etapas:

1. Se realizó la revisión bibliográfica.
2. Se estudiaron los modelos de excelencia de los distintos países en los que basan los premios a la Excelencia.
3. Se compararon los modelos analizando la valoración de los conceptos en función del puntaje asignado los mismos.
4. Se buscaron las empresas ganadoras de distintas geografías.
5. Se leyeron/profundizaron los relatorios presentados por las empresas de los países en que dicha información es pública (Estados Unidos y Japón) para encontrar las herramientas de gestión utilizadas por las mismas.
6. Se revisaron las presentaciones de las empresas ganadoras en Argentina realizadas en las jornadas “Como hacen los que ganan” y se realizaron entrevistas con los directivos y gerentes de calidad de estas.
7. Se analizaron de las herramientas expuestas y desarrolladas en las presentaciones de cada Organización premiada.
8. Se confeccionó un diagrama de frecuencias en el cual se aprecia el grado de empleo de cada herramienta identificada. El mismo diagrama incorpora el acumulado, con el objeto de

segregar aquellas herramientas de mayor frecuencia de empleo en el total de organizaciones estudiadas.

9. Elaboración de conclusiones

2. DESARROLLO

En la actualidad hay más de ochenta modelos nacionales y regionales, y más de treinta mil organizaciones europeas usan el modelo de la EFQM.

Se estudiaron los modelos de excelencia de los siguientes países: Alemania, Australia, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, España, Francia, Japón, México, Nueva Zelandia, Paraguay, Perú, Portugal y USA.

También se analizaron premios regionales como el premio Iberoamericano a la excelencia del que pueden participar sólo los ganadores del premio de su país o como el premio otorgado por la EFQM (European Foundation for Quality Management) para los países europeos.

2.1. Modelos de Excelencia

Si bien se han estudiado los modelos de los distintos países por razones de espacio se incluyen algunos, dado que, diferenciando el puntaje los criterios a considerar son los mismos. Se incluye el modelo 4P por su originalidad de enfoque

2.1.1. Modelo Argentino

El modelo argentino tres componentes (Liderazgo, Sistema de Gestión y Resultados) tenía hasta 2018 inclusive siete criterios (Liderazgo, Planeamiento estratégico, gestión de los Cliente y Mercados (beneficiarios para OSFL), gestión Procesos, gestión de las Personas, gestión de los Recursos y Resultados). A su vez los componentes se descomponen en 30 factores y estos en 194 aspectos a considerar. .En 2019 se agregó como criterio gestión de la Innovación. Si bien el premio tiene tres categorías: empresas grandes, medianas y pequeñas, en la República Argentina sólo se han presentado empresas grandes y medianas. El 70% de los ganadores son empresas y el 30% organizaciones sin fines de lucro. El 56,7% de las empresas ganadoras son grandes y el resto medianas nacionales Considerando lo antedicho, se estudiará en profundidad todos los casos presentados en la Argentina desde 1994 cuando se instauró por ley 24.127 / 92.

Es administrado por la Fundación Premio Nacional a la Calidad.

De un estudio preliminar de las empresas que se presentan en la República Argentina se observa que el grado de dificultad y el logro de cumplimiento para los objetivos mencionados son disímil.

2.1.2. Modelo MBNQA

El Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige (MBNQA, por sus siglas en inglés) es un premio establecido por el Congreso de los Estados Unidos en 1987 para concientizar a la sociedad sobre la importancia de la gestión de la calidad y reconocer a las organizaciones estadounidenses que han implementado sistemas de gestión de la calidad con éxito. El premio es el más alto honor presidencial de la nación por la excelencia en el desempeño. El premio MBNQA lleva el nombre del fallecido Secretario de Comercio Malcolm Baldrige, un defensor de la gestión de la calidad. Es administrado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) del Departamento de Comercio de USA, y la ASQ (American Society for Quality) lo administra.

2.1.3. Modelo EFQM

Desarrollado por la Fundación Europea para Gestión de la Calidad. Básicamente se emplea para la evaluación de las organizaciones, bien por personal interno o externo llegando a conocer cuál es su estado respecto al ideal de excelencia empresarial que encarna el modelo, así como sus oportunidades de mejora. Muchas son las aportaciones que el Modelo Europeo hace sobre una organización al enfocarla y tratarla en su globalidad y al introducir la evaluación como base para un diagnóstico de situación y punto de partida para intervenir hacia la mejora permanente. El modelo proporciona a las organizaciones una herramienta de mejora de su sistema de gestión. La herramienta no es normativa ni prescriptiva: no dice cómo hay que hacer las cosas, respetando así las características de cada organización y la experiencia de sus miembros. Se basa en 9 criterios y se fundamenta en una premisa según la cual: Los resultados excelentes en el Rendimiento general de una Organización, en sus Clientes, Personas y en la Sociedad en la que actúa, se logran mediante un Liderazgo que dirija e impulse la Política y Estrategia, que se hará realidad a través de las Personas, las Alianzas y Recursos y los Procesos. El modelo EFQM no se certifica, se realiza

una evaluación externa. Se trata de un análisis global y sistemático de la gestión de una organización, realizado por expertos independientes y ajenos a ella, que ofrece una visión objetiva y sirve de contraste a la propia autoevaluación.

2.1.4 Modelo Iberoamericano

El Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión es creado por FUNDIBEQ (Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad) en 1999. Ese mismo año se publican las bases del Premio Iberoamericano de Excelencia en la Gestión. El Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión es el documento de referencia para la concesión del Premio Iberoamericano a la Calidad e incluye; el Método de Evolución, la hoja REDER y un Glosario Iberoamericano de términos de Calidad y Excelencia.

Es importante destacar que en el premio iberoamericano participan todos los países latinoamericanos, Andorra, Brasil y Portugal

2.1.5. Modelo Danes 4P

Fue propuesto por Dahlggaard y Dahlggaard-Park en 2004 quienes sugirieron un modelo de organización de excelencia teórica, llamada modelo "4P" en la cual la dimensión de las personas es reconocido y enfatizado como el habilitador primario (Personas, Asociación / Equipo, Procesos de trabajo, Productos). Argumenta que la primera prioridad de cualquier estrategia de calidad o excelencia debe ser construir la calidad en las personas como fundamento esencial y catalizador para mejorar asociaciones, procesos y productos. La estrategia debe seguir el enfoque de implementación de políticas, que tiene estrategias tanto de arriba hacia abajo como de abajo hacia arriba. Este enfoque proporciona un marco para construir la calidad en los siguientes tres niveles (Dahlggaard-Park et al. 1998): nivel individual, nivel de equipo, nivel organizacional. Una estrategia de calidad eficiente que apunte a mejorar el "4P" solo puede ser desarrollada si se basó en una comprensión de las interrelaciones e interacciones entre los individuos, los equipos y la organización y los aspectos críticos.

Los individuos, las ocupaciones y acciones a menudo están limitados y moldeados por la organización, las interrelaciones entre ellos son multidireccionales.

2.2. Empresas Ganadoras de los distintos modelos

A continuación se enuncian las empresas ganadoras, no se tuvieron en cuenta las organizaciones educativas.

Premio Alemania: Robert Bosch GmbH, Werk Stuttgart-Feuerbach (GO), Schindlerhof Klaus Kobjoll GmbH (KO), Allresist GmbH (KLO), BMW Group planta München (GO).

Premio Argentina : 3M Argentina, Atento Argentina S.A., ANGEL ESTRADA & CIA. S.A, Automación Micromecánica, Central Termoeléctrica GENELBA de Petrobras Argentina S.A., Consejo Profesional de Ciencias Economicas de Buenos Aires, Compañía Mega S.A., Club De Amigos, Culligan Argentina S.A, Embotelladora Del Atlántico S.A. (EDASA), FIAT, Grupo Educativo Marin, Hotel intercontinental Buenos Aires, IBM Global delivery Center Argentina, INTERBANKING S.A., Los Grobo Agropecuaria, Nextel Communications Argentina S.A., Oldelval, Profertil, Taranto San Juan, Tasa Logística S.A., Telecom Personal, Tenaris Siderca, Unilever De Argentina S.A. - División Limpieza Y Cuidado Personal, Volkswagen Argentina S.A. - Centro Industrial Córdoba, YPF Division Lubricantes, Xerox Argentina.

Premio Australiano : ABB Power Transmission Pty Ltd, Abbott International division of Abbott Australasia Pty Ltd, Baxter Healthcare Pty Ltd, Ericsson Supply Division Ericsson Australia Pty Ltd, Ford Motor Company of Australia Ltd Sydney Assembly Plant, ICI Pharmaceuticals Pty Ltd (now Zeneca Pharmaceuticals), NEC, Smithkline Beecham Consumer Healthcare formerly Sterling Winthrop, Toyota Motor Corporation Australia Ltd

Premio Brasil: Embraer SA. (Premiadas, Grande, multinacional), ELETROBRAS-ELETRONORTE, Volvo do Brasil (Premiado), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Brasal Refrigerantes SA (Premiado, Media, nacional), Turbo Brasil Serviços Em Turbinas LTDA (Destaque Procesos), AES Sul Distribuidora Gaucha de Energía, Laboratorio Sabin de Analises Clinicas, Energisa Paraíba Distribuidora de Energia S/A, AES Tietê S/A (Generación de energía eléctrica), Companhia Energética do Ceará (Destaque: Clientes), Centrais Elétricas do Norte, ElectroBras Electronorte.

Premio Colombia: Laboratorios Baxter S.A. Planta Cali, Productos Alimenticios Doria S.A.S., Bancoomeva S.A., Solla S.A.

Premio Deming : Elgi Equipments Limited, Siemens Gamesa Renewable Power, JSW Steel Limited, Salem Works, Larsen & Toubro Limited, ESP -Electrical Standard Products, Sundram Fasteners Limited,- Rane NSK Steering Systems Private Limited, PT Komatsu Indonesia, - JSW Steel Limited, Vijayanagar Works, Indus Towers Limited, SCG Logistics Management Company , CEAT Limited , Ashok Leyland Limited, Hosur Unit II

Premio Español: Mapfre, S.A. (internacionalización), Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (Gestión de la marca renombrada), Grupo Leche Pascual S.A. (energías renovables y eficiencia energética), Valeo Iluminación S.A. (competitividad empresarial, grandes empresas), Hotusa y Sol Meliá Hoteles (excelencia turística), Schindler España.

Premio: Estados Unidos (MBNQA); BAMA Banco los Alamos , Bill country memorial , BTE , Cargill corn milling, Cáterpillar , DANA, Don Chalmers Ford Freese and Nichols
Healthcare: Davis healthcare adventista healthcare, hHenry Ford healthcare CAMC healthcare, Poudre valley healthcare System ,Honeywell, Integrated Project Management company, Karlee Lockheed Martín ,Medrad, Memorial Hermann sugar land ,Mesa Midway, Momentum group Nestlé Purina, Park Place Lexus Price Waterhouse coopersProtec, Ritz hotel, Saint Lukes ,Schneidert , Stellar soluciones , Stulberg group, Suny Fresh Foods,Sutter Davis, TNC, VACSP

Premio Mexicano:Servicio Geológico Mexicano, Certus Laboratorio Clínico, Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Cardiología, Hotel & Spa Hacienda de Cortés, Club Innegra (membresía turística), Iberdrola México S. A. (Soluciones energéticas), CFE Distribución Golfo Norte (Soluciones energéticas), PetStar (Reciclaje de botellas), APAC (asociación Pro Personas con Parálisis Cerebral), Daimler Saltillo (Transporte de Carga), Interlub S. A. (fabrica y distribuye aceites lubricantes, grasas, pastas y anticorrosivos).

Premio Nueva Zelanda: categoría Oro: New Zealand Aluminium Smelters, Spectrum Care Trust, , Telecom Directories Limited, Toyota Thames Assembly Plant

Premio Paraguay: Impagas, Universidad Nacional de Concepción, Dirección Nacional de tecnología Normalización y Metrología, Protec SRL.

Premio Perú: Mobil Oil Peru, Petroperu, Petróleos de Perú operación Talara, Oleoducto Perú, Oldelval, Citibank, Bancos de crédito de Peru, Continental, Caja de Ahorro y Credito Cusco, Caja de Ahorro y Credito Huancayo, Sindicato pesquero, Telefónica Gestión de servicios compartidos, Peru T-GESTIONA, Electroperu

Premio Portugal: Bosch Car Multimedia Portugal, TNT Express worldwide, Alliance Healthcarre
Premio Francia: Arkopharma, Bosch, CNIEG (Caisse Nationale des industries electriques et gazieres), Knauf Insulation, Le Centre Hospitalier de Valenciennes, L'Oréal, Gestform, Botanica Continental, Qualios.

2.3. Comparaciones

Los distintos modelos de cada premio a la calidad distinguen por tamaño de empresa, siendo además acorde al tamaño el costo asociado a postularse para competir en el mismo, esto se realiza para evitar que las PYMES queden rezagadas, en desventaja o impedidas de participar, además es una forma de incentivar mejora en gestiones de calidad en general.

El premio Ludwig Erhard, se dirige a una amplia gama de destinatarios, que no solo incluye empresas de todos los sectores y tamaños, sino también, por ejemplo, autoridades públicas, instituciones de salud y educación.

El premio nacional a la calidad (Argentina) tiene por condición una planta mínima de veinte personas, lo cual es excluyente a empresas con menor cantidad, el premio Ludwig Erhard admite organizaciones de entre 1-15 personas que trabajen a tiempo completo.

Los premios a la calidad no distinguen por nacionalidad, pueden participar empresas de distinto origen. Siendo los ganadores de estos premios empresas, instituciones de diversa procedencia, sin embargo el premio "Deming overseas a la calidad para empresas menciona su origen

El premio nacional a la calidad (Argentina) permite la participación de empresas privadas y Organismos Públicos de jurisdicción nacional, provincial o municipal. También de Unidades organizativas de grandes empresas.

El modelo iberoamericano de excelencia en la gestión de la Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad es una variación del modelo EFQM. El modelo iberoamericano de excelencia

en la gestión de la Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad utiliza el esquema REDER para obtener la matriz de puntuación. Los subcriterios (aspectos) dentro de cada apartado son similares, con ligeros matices.

Los criterios de agentes facilitadores (sistema de gestión) son en este modelo los cinco procesos facilitadores, pero algunos con elementos diferentes y puntúan de forma distinta, el modelo Europeo tiene una distribución 50/50 respecto de agentes facilitadores y resultados, en tanto el modelo de Japón se los resultados representan 40% del total que en todos los casos son 1000 puntos.

Las comparaciones de algunos premios (por razones de espacio) se muestran en la tabla 1 de elaboración propia.

Tabla 1 *Estudio comparativo de diferentes modelos de Excelencia*

	DEMING	BALDRIGE	EFQM	IBEROAMERICANO	PNC MEXICO	MEG BRASIL	PNC ARGENTINA
Año fundación	1951	1987	1992	1999	1989	1991	1993
Última revisión	2018	2019-2020	2020	2019	2018	2016	2020
Elementos	Planeamiento Ejecución Resultados	Liderazgo, Operaciones, personas, Clientes, medición, estrategia	Dirección Ejecución Resultados	Planteamiento Despliegue, Evaluación y Revisión	Entorno, estrategia, resultados	Aprendizaje organizacional, innovación	Liderazgo Sistema de Gestión Resultados
Últimos conceptos		Ciberseguridad Cultura organizacional	Cambia contexto de la organización por ecosistema	Transformación digital Desarrollo Sostenible		Herramientas y metodologías	Entrenamiento cruzados - Teletrabajo
Criterios	1- Políticas de la Calidad y gestión de Calidad 2- Organización de la Calidad y su difusión. 3- Formación y difusión de las técnicas de control de Calidad. 4- Recogida, transmisión y utilización de la información de Calidad. 5- Análisis de la Calidad 6- Estandarización. 7- Kanri: Control diario, control del proceso y mejora. 8- Aseguramiento de la Calidad. 9- Resultados de la implantación	1. Liderazgo 2. Planificación estratégica 3. Enfoque en el cliente 4. Medición, análisis y gestión del conocimiento 5. Enfoque de la fuerza de trabajo 6. Gestión de procesos 7. Resultados	1. Propósito, visión y estrategia Introducción 2. Cultura de la organización y liderazgo 3. Implicar a los grupos de interés 4. Crear valor sostenible 5. Gestionar el funcionamiento y la transformación 6. Percepción de los grupos de interés 7. Rendimiento estratégico y operativo	1. Liderazgo y estilo de gestión 2. Estrategia 3. Desarrollo de Personas 4. Recursos, proveedores, alianzas 5. Procesos y clientes 6. Resultados	1. Reflexión estratégica 2. Liderazgo 3. Responsabilidad Social Empresarial 4. Enfoque al Cliente 5. Capital Humano 6. Procesos 7. Administración del Conocimiento 8. Resultados	1. Pensamiento sistémico 2. Compromiso con las partes interesadas 3. Aprendizaje organizacional e innovación 4. Adaptabilidad 5. Liderazgo transformador 6. Desarrollo sostenible 7. Orientación por procesos 8. Generación de valor	1. Liderazgo 2. Enfoque en mercados y clientes 3. Gestión de los procesos 4. Gestión de la innovación 5. Gestión de las personas 6. Gestión de los recursos 7. Gestión de la responsabilidad social 8. Resultados

2.4 Herramientas usadas por los ganadores

La metodología usada para seleccionar las herramientas fue leer detalladamente los “relatorios” (descripción del sistema de gestión de la organización) de empresas seleccionadas.

Se destaca que están disponibles los de Japón y Estados Unidos

Se hizo una lista previa de herramientas que luego se corroboró y agregaron las que faltaban. A continuación se enumeran las herramientas usadas por las empresas que se analizaron Japón.

En el caso de empresas americanas se engloba en los relatorios algunas herramientas como Control Estadístico ANOVA, test de hipótesis en la metodología 6 sigma y otras como TPM y OEE en la metodología Lean Seis Sigma

Dado que el “cuerpo de conocimientos” de un black belt o Green belt seis sigma o lean seis sigma está claramente definido por la American Society of Quality, en los relatorios no se detallan herramientas parciales.

En la tabla 2 y en la figura 1 (ambas de elaboración propia) se muestran en forma de diagrama de Pareto las Herramientas usadas en las ganadoras del premio Deming

Herramientas usadas en Japón: Cross Functional Teams, MSC Management System Charts equivalente a los Visual Boards de la técnica Lean Seis sigma Americana

Herramienta de análisis de riesgo: AMFE , FMEA, FMECA, HACCP Hazard Assessment and Critical Control Points (análisis de riesgo en industria de alimentos),

QCDSM Sistema integrado de gerenciamiento que implica Quality = Calidad, Costo, Delivery = entregas y Safety = Seguridad, Kaizen, KPI Key Performance Indicators

Balanced Scorecard

QCC Circulos de Control de Calidad, 5S

ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000. ISO 27000, ISO 45001, ISO 50000, certificaciones de industria

QFD Quality Function Deployment Modelo de Kano
VSM Value Stream Mapping, Control Estadístico de Procesos, Análisis de regresión, ANOVA , Test de hipótesis
OEE Indicador de la eficiencia de equipo, TPM Mantenimiento Productivo Total
SGA Actividad de resolución de problemas en pequeños equipos SMT equipos autodirigidos, HEP
Técnicas de prevención de error humano
Diagrama de Ishikawa, análisis de Causa y efecto, diagrama de espina de pescado
MSA Análisis del sistema de medición, R & R Repetibilidad y Reproducibilidad
FSM Modelo de los cuatro análisis
8D metodología de resolución de problemas
Diagrama de afinidad, de árbol y de interrelación , FTA árbol de falla
AQC (Analytical Quality Control)
Benchmarking (de proceso, de producto, de proceso o de resultados)
COPQ Costo de no Calidad
PMI Gestión de proyectos
TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)

De la misma forma en la tabla 3 y en la figura 2 se muestran en forma de diagrama de Pareto las Herramientas usadas por las ganadoras del MBNQA en Estados Unidos

3. RESULTADOS

Tabla 2 Herramientas utilizadas por las organizaciones ganadoras del Premio Deming.

Detalle de Empresa, Sector, Actividad y Premio otorgado			Herramientas utilizadas																				
REC.	Nombre Organización	Descripción breve / Año que ganó	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Adidas (Sector Textil, Actividad Textil)	Mejora de procesos de producción y logística en la fabricación de zapatillas deportivas de modo y corte propio (2017)																					
2	QAT Global	Implementación de herramientas para la mejora de procesos de fabricación de productos químicos (2017)																					
3	ISA Logistics Management (Sector Logístico)	Optimización de procesos de logística y gestión de recursos humanos (2017)																					
4	Novo Nordisk (Sector Farmacéutico)	Mejora de procesos de producción y gestión de recursos humanos en la fabricación de medicamentos (2017)																					
5	Industria de la Construcción	Mejora de procesos de construcción y gestión de recursos humanos en la construcción de edificios (2017)																					
6	IBM (Sector Tecnología)	Mejora de procesos de desarrollo de software y gestión de recursos humanos en la fabricación de software (2017)																					
7	PT (Sector Energía)	Mejora de procesos de generación de energía y gestión de recursos humanos en la fabricación de energía (2017)																					
8	Industria de la Alimentación	Mejora de procesos de producción de alimentos y gestión de recursos humanos en la fabricación de alimentos (2017)																					
9	Industria de la Automoción	Mejora de procesos de producción de vehículos y gestión de recursos humanos en la fabricación de vehículos (2017)																					
10	Industria de la Construcción	Mejora de procesos de construcción de edificios y gestión de recursos humanos en la construcción de edificios (2017)																					
11	Industria de la Construcción	Mejora de procesos de construcción de edificios y gestión de recursos humanos en la construcción de edificios (2017)																					
12	Industria de la Construcción	Mejora de procesos de construcción de edificios y gestión de recursos humanos en la construcción de edificios (2017)																					
FRECUENCIA DE EMPLEO CADA HERRAMIENTA (CANTITATIVO)			12	11	11	10	9	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
FRECUENCIA DE EMPLEO DE LA HERRAMIENTA (PORCENTAJE)			62%	62%	62%	58%	52%	42%	42%	42%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	
ACUMULADO DE EMPLEO DE HERRAMIENTAS (CANTITATIVO)			12	23	34	44	51	58	65	72	79	85	91	97	103	109	115	121	127	133	139	145	
ACUMULADO TIEMPO DE HERRAMIENTAS (PORCENTAJE)			62%	72%	82%	92%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

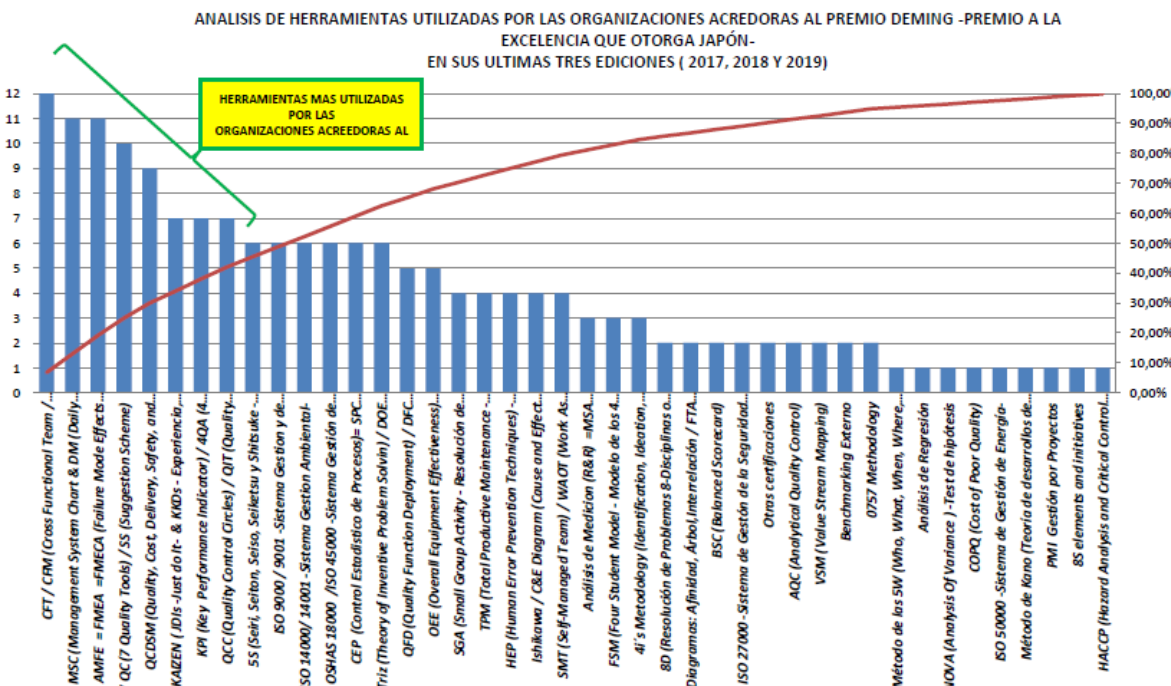


Figura 1 - Diagrama de herramientas utilizadas por las organizaciones ganadoras del Premio Deming.

Tabla 3 -Herramientas utilizadas por las organizaciones ganadoras del Premio Malcolm Baldrige.

Como se trata de modelos muy exigentes raramente las empresas superan los 650 puntos (ver Hutton [14])

Este tema de declarar desierto el premio a la Calidad fue resuelto en algunos países determinando niveles (bronce, plata y oro) o menciones y premios parciales (a la innovación, a la relación con los clientes, a la eficiencia operativa, al equipo directivo, etc.)

La mayoría de las organizaciones que se presentan a las competencias y ganan son empresas grandes. Son muy pocos los casos de PYMES que se presentan para demostrar que utilizan estos modelos de gestión.

Algunas empresas multinacionales adoptan los modelos de excelencia como su modelo de gestión y algunas de las mismas se presentan a las competencias en varios países.

Respecto a las herramientas utilizadas hay coincidencia en las distintas regiones.

En Japón se utilizan más técnicas como 5S, Círculos de Calidad, Kaizen y las de Lean Six Sigma o Toyota Way.

En Argentina y en Estados Unidos se utilizan las distintas herramientas de la metodología Six Sigma y Balanced Scorecard para planeamiento estratégico.

Merece destacarse que no en todos los modelos se incluye la "Gestión de la información y el conocimiento".

También se comprobó la correlación existente entre la certificación de ciertas normas ISO y puntos del modelo como recursos naturales e ISO 14001 o ISO 50001 y en general todo el tema de gestión de procesos, diseño y evaluación de proveedores si la empresa está certificada ISO 9001 o 22001.

Sería importante desarrollar un modelo para empresas PYMES que les permita fácilmente autoevaluarse y saber elegir herramientas simples de mejora.

Como un paso adicional de este trabajo se revisará la currícula de los estudiantes de ingeniería industrial para asegurar que en su formación enseñanza universitaria de Calidad estén incluidas estas herramientas y se discutan casos que muestren el uso sistémico de las mismas.

5. REFERENCIAS.

[1] Abdullah, M., Hamid, M.R.A., Mustafa, Z., Husain, N., Idris, F., Suradi, N.R.M. & Ismail, W.R. (2012). Value-based total performance excellence model: A conceptual framework for organisations. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(5&6), 557-572.

[2] Asif, M., Searcy, C., Garvare, R. & Ahmad, N. (2011). Including sustainability in business excellence models. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(7), 773-786.

[3] Boulter, L., Bendell, T. & Dahlgaard, J.J. (2013). Total quality beyond North America: A comparative analysis of the performance of European Excellence Award winners. *International Journal of Operations and Production Management*, 33(2).

[4] Corbett, L.M. & Angell, L.C. (2011). Business excellence in New Zealand: Continuous improvement, learning, and change. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22 (7), 755-772.

[5] Dahlgaard, J.J. & Dahlgaard-Park, S.M. (2004). The 4P quality strategy for breakthrough and sustainable development. *European Quality*, 10(4), 6-19.

[6] Dahlgaard, J.J. & Dahlgaard-Park, S.M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, 18(3), 216-237.

[7] Dahlgaard-Park, S.M. (2008). Reviewing the European excellence model from a management control view. *The TQM Journal*, 20(2), 98-119.

[8] Dahlgaard-Park, S.M. & Dahlgaard, J.J. (2008). A strategy for building sustainable innovation excellence - A Danish study, in Klaus J. Zink (Ed.). *Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management*, Physica-Verlag, Heidelberg, Germany: A Springer Company.

[9] Dahlgaard-Park, S.M. & Dahlgaard, J.J. (2010). Organizational learnability and innovability: A system for assessing, diagnosing and improving innovations. *International Journal of Quality and Service Science*, 2(2), 153-175.

- [10] Dahlgaard, J.J., Pettersen, J. & Dahlgaard-Park, S.M. (2011). Quality and lean healthcare: A system for assessing and improving the health of healthcare organizations. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(5), 671-689.
- [11] Dahlgaard-Park, S.M. (2012), Core values - the entrance to human satisfaction and commitment. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(1), 125-140.
- [12] Dahlgaard-Park, S.M., Chen, C.K., Jang, J.Y. & Dahlgaard, J.J. (2013). Diagnosing and prognosticating the quality movement - a review on the 25 years quality literature (1987-2011). *Total Quality Management & Business Excellence*, 24(1).
- [13] Su Mi Dahlgaard-Park, Lidia Reyes & Chi-Kuang Chen (2018) The evolution and convergence of total quality management and management theories; Routledge-Taylor & Francis Group, <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1486556>
- [14] David Hutton (2000) From Baldrige to Bottom line A road map for organizational change and improvement ASQ Press ISBN 0-087389- 473-1
- [15] Mohammad, M., Mann, R., Grigg, N. & Wagner, J.P. (2011). Business Excellence Models: An overarching framework for managing and aligning multiple organizational improvement initiatives. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(11), 1213-1236
- [16] FNQ - Fundação Nacional da Qualidade. Critérios de Excelência, São Paulo, Fundação Nacional da Qualidade. Disponible en: <https://fnq.org.br/plataforma-meg-21>
- [17] Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión. Disponible en: <https://www.fundibeq.org/modeloexcelencia>
- [18] Modelo Nacional Para La Competitividad 2018 (Modelo Mexicano). Disponible en: <https://www.pnc.org.mx/modelo-nacional-para-la-competitividad-descarga/>
- [19] Modelo para una Gestión de Excelencia Argentino organizaciones privadas Disponible en: <http://fpnc.org.ar/modelos-excelencia/>
- [20] Premio Deming. Disponible en: https://www.juse.or.jp/deming_en/award/02.html
- [21] EFQM - European Foundation for Quality Management. The EFQM Excellence Model. Disponible en: <https://www.efqm.org/index.php/efqm-model>
- [22] Modelo Premio a la calidad en Australia. Disponible en: <https://www.australianbusinessawards.com.au>
- [23] The 2019–2020 Baldrige Excellence Framework. Disponible en: <https://www.nist.gov/baldrige/publications/baldrige-excellence-framework>

6 . Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades del Vicerectorado de Investigación de la Universidad del Salvador y al decano de la Facultad de Ingeniería de USAL ingeniero Marcelo Zanitti.

Control estadístico de la calidad de un proceso multivariado a partir de sus variables de entrada.

Catalano, Mara; Dillon, Justina; Re, Juan Pablo

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.
Pellegrini 250. catalano@fceia.unr.edu.ar.

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la revista **RADI N°17***

RESUMEN

Cuando se desea estudiar la calidad de un producto (sea tangible o no) se puede tener especial interés en alguna característica del mismo. Esta característica es el resultado de un proceso en el cual influyen distintos factores que pueden variar de un producto a otro. Por lo tanto, son estos factores, que denominaremos variables de entrada, los que van a definir el comportamiento de la variable de interés (o variable de salida). Es así que el control estadístico de la calidad se puede focalizar en esas variables de entrada.

Con el avance de la tecnología y el desarrollo de instrumentos de medición más sofisticados, en la actualidad las empresas pueden disponer de datos sobre muchas variables que actúan en el proceso. Sin embargo, no todas tienen la misma relevancia con respecto a la característica de calidad que se quiere estudiar. Además, muchas están relacionadas entre sí. En este contexto, las herramientas para el control univariado resultan insuficientes por lo que hay que recurrir a técnicas que contemplen la naturaleza multivariada de las variables. Montgomery (2009) comenta que aplicar un enfoque univariado a variables correlacionadas distorsiona la variabilidad del proceso y, por lo tanto, la validez del control de la calidad. Teniendo en cuenta lo comentado, surgen ciertos interrogantes: ¿es necesario monitorear todas las variables de entrada?, ¿cuáles tienen mayor impacto en el producto final?, ¿cómo controlar conjuntamente las variables de mayor impacto?, ¿cómo saber qué variables son las responsables de las muestras fuera de control? En este trabajo se busca responder estos interrogantes articulando técnicas estadísticas multivariadas considerando distintos escenarios. Como resultado se diseña una estrategia que sirve de guía para la aplicación práctica en cualquier empresa.

La estrategia sugiere, primero establecer cuáles son las variables de entrada críticas del proceso. Para seleccionar las variables que influyen en la característica objetivo se puede ajustar un modelo estadístico. Si la variable de salida se pueda escribir como una aproximación de una combinación lineal de las variables de entrada se puede ajustar un modelo de regresión lineal múltiple.

Luego, se propone estudiar si el proceso se encuentra bajo control estadístico a través de estas variables críticas. Teniendo en cuenta la correlación entre ellas, se utilizan gráficos de control multivariados, definiendo estadísticos que reúnan toda la información. Si las variables, en forma conjunta, se comportan según un modelo Normal Multivariado se pueden aplicar los gráficos T^2 y Variancia Generalizada para monitorear el vector de medias y la matriz de variancias y covariancias respectivamente.

La dificultad que se deriva de utilizar gráficos multivariados es definir cuál o cuáles variables están ocasionando que un punto se encuentre fuera de los límites de control, ya que a simple vista no se puede determinar. Si hay varios valores atípicos multivariados (en general, 10 o más) la estrategia plantea aplicar una alternativa que estudia la contribución de las variables a esos puntos basándose en el análisis de componentes principales. Esto permite establecer sobre qué variables hay que actuar para que el proceso se mantenga bajo control. De esta forma, estos tres pasos ordenan el control estadístico de la calidad de procesos multivariados.

Palabras Claves: variables de entrada, modelo estadístico, gráficos de control multivariado, muestras fuera de control, análisis de componentes principales.

ABSTRACT

When you want to study the quality of a product (whether tangible or not) you can have special interest in some characteristic of it. This characteristic is the result of a process influenced by different factors that may vary from one product to another. Therefore, it is these factors, which we will call input variables, that will define the behavior of the variable of interest (or output variable). Thus, statistical quality control can focus on these input variables.

With the advancement of technology and the development of more sophisticated measurement instruments, today companies can have data on many variables that act in the process. However, not all of them have the same relevance with respect to the quality characteristic to be studied. Also, many are related to each other. In this context, the tools for univariate control are insufficient, so it is necessary to resort to techniques that consider the multivariate nature of the variables. Montgomery (2009) comments that applying a univariate approach to correlated variables distorts the variability of the process and, therefore, the validity of the quality control. Taking into account the aforementioned, certain questions arise: is it necessary to monitor all the input variables? Which ones have the greatest impact on the final product? How to jointly control the variables that have the greatest impact? How to know which variables are the responsible for runaway samples? This work seeks to answer these questions by articulating multivariate statistical techniques considering different scenarios. As a result, a strategy is designed that serves as a guide for practical application in any company.

The strategy suggests, first, establishing what are the critical input variables of the process. To select the variables that influence the target characteristic, a statistical model can be fitted. If the output variable can be written as an approximation of a linear combination of the input variables, a multiple linear regression model can be fitted.

Then, it is proposed to study if the process is under statistical control through these critical variables. Taking into account the correlation between them, multivariate control charts are used, defining statistics that gather all the information. If the variables, together, behave according to a Multivariate Normal model, the T^2 and Generalized Variance charts can be applied to monitor the vector of means and the variance and covariance matrix respectively.

The difficulty that arises from using multivariate graphs is how to define which variables are responsible a point to be outside the control limits, since it cannot be determined with the naked eye. If there are several multivariate outliers (in general, 10 or more) the strategy proposes applying an alternative that studies the contribution of the variables to these points based on the analysis of principal components. This makes it possible to establish which variables must be acted upon so that the process remains under control. In this way, these three steps command the statistical control of the quality of multivariate processes.

Keywords: input variables, statistical model, multivariate control charts, out-of-control samples, principal component analysis.

Enfoque basado en riesgos aplicado a un Laboratorio de Informática Forense

Ambrústolo, Mariela B.*; Di Iorio, Ana H⁽¹⁾; Migueles, Marina; Trigo, Santiago⁽²⁾; Berardi, María Betina, Greco, Fernando⁽²⁾.

*Grupo de Investigación y Extensión Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente,
Dpto. de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302. Mar del Plata. Provincia de Buenos Aires
ambrus@fi.mdp.edu.ar, mmigueles@fi.mdp.edu.ar, bberardi@fi.mdp.edu.ar*

*(1) InFo-Lab, Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense
(Universidad FASTA, Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, Municipalidad de General
Pueyrredón), Argentina, diana@ufasta.edu.ar*

*(2) Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, Argentina,
strigo@mpba.gov.ar, fgrec@mpba.gov.ar.*

RESUMEN.

El ámbito de la justicia requiere de sistemas, procesos, instrumentos y pautas que mejoren la actividad y efectividad de sus laboratorios forenses, y contribuyan a garantizar la calidad de sus aportes. La implementación de la calidad en los mismos es cada vez más demandada, y constituye una estrategia para la mejora continua de los resultados y la minimización de errores. Un aspecto importante en la implementación de sistemas de calidad constituye el enfoque basado en riesgos que permite identificar riesgos y oportunidades, evaluarlos y establecer acciones de control en función del logro de los objetivos planificados.

El diseño e implementación del Sistema de Gestión de Calidad y de su matriz de riesgos se desarrolló mediante un Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social cuyo objetivo fue desarrollar una Guía de Implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para Laboratorios de Informática Forense, ajustándose al marco de la normativa general vigente, y al uso de la informática forense en la justicia.

El objetivo del presente trabajo es mostrar la metodología aplicada del pensamiento basado en riesgos en los procesos del Laboratorio de Informática Forense de la ciudad de Mar del Plata, la identificación y su evaluación como así también los resultados obtenidos y las ventajas y dificultades durante su desarrollo.

Para el desarrollo de los objetivos se planteó un equipo interdisciplinario e interinstitucional que generó una sinergia de trabajo y una apropiación conceptual de la filosofía de la calidad y la gestión del riesgo.

Palabras Claves: pensamiento basado en riesgos, informática forense, gestión de calidad, laboratorio informático forense

ABSTRACT

The field of justice requires systems, processes, instruments, and guidelines that improve the activity and effectiveness of its forensic laboratories and contribute to guaranteeing the quality of their contributions. The implementation of quality in them is increasingly demanded and constitutes a strategy for the continuous improvement of results and the minimization of errors. An important aspect in the implementation of quality systems is the risk-based approach that allows identifying risks and opportunities, evaluating them, and establishing control actions based on the achievement of planned objectives.

The design and implementation of the Quality Management System and its risk matrix was developed through a Technological and Social Development Project whose objective was to develop an Implementation Guide of a Quality Management System for Digital Forensic Laboratories, adjusting to the framework of current general regulations, and the use of forensic computing in justice.

The objective of this work is to show the applied methodology of risk-based thinking in the processes of the Forensic Informatics Laboratory of the city of Mar del Plata, the identification and its evaluation as well as the results obtained and the advantages and difficulties during its development.

For the development of the objectives, an interdisciplinary and inter-institutional team was proposed that generated a synergy of work and a conceptual appropriation of the philosophy of quality and risk management.

Keywords: risk-based thinking, digital forensic, quality management, digital forensic laboratory

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, los elementos de prueba digital y el aporte de los peritos en informática forense van teniendo creciente importancia a la hora de averiguar un hecho, obtener una versión sobre lo ocurrido, y de defender esa versión en un juicio. Ello requiere, en consecuencia, que las evidencias digitales y la contribución de los especialistas permitan obtener información de calidad y pruebas convincentes.

La informática forense es la aplicación forense de las ciencias informáticas. Su objetivo original es extraer datos de dispositivos digitales, procesarlos con el objeto de transformarlos en información que pueda resultar útil para una investigación, analizarlos y luego presentarlos como prueba en un juicio. Este dato digital, útil para la investigación, es denominado evidencia digital [1].

La labor técnico-informática, con sus distintos niveles de experticia, puede abarcar tareas de distinto tipo: asesoramiento, investigativas y/o periciales, según las particularidades y dinámica de cada caso. Incluso la labor pericial puede consistir en un simple informe preliminar, en un informe de avance, en uno o más dictámenes periciales y/o en la defensa de dicho dictamen en la etapa de plena controversia judicial (en el área penal y en otros procesos judiciales específicos, esta etapa es la audiencia de juicio oral y público).

Las características más importantes para tener en cuenta son los grados de pertinencia (relación del aporte con el caso o cuestión), suficiencia (para averiguar o probar lo que se buscaba), confiabilidad (fiabilidad de la información proporcionada), validez legal (admisibilidad legal de la información obtenida), temporaneidad (adecuación a los tiempos propios del caso) y economía (costos del aporte).

Dada la incesante evolución tecnológica, es imprescindible que los laboratorios de informática forense cuenten con sistemas de vigilancia tecnológica, análisis de flujo de casos, aprendizaje permanente y mejora continua. A su vez, el aumento creciente de su aplicabilidad ha generado un cuestionamiento sobre el alto profesionalismo y la necesidad de estandarización requeridos para la misma.

A partir de estas características surge la necesidad de encontrar una manera de encuadrar estas prácticas en modelos estandarizados que permitan generar confianza a los destinatarios.

Un laboratorio de informática forense es aquel departamento dentro de una organización que reúne a los profesionales que realizarán tareas de informática forense. Estos laboratorios pueden ser públicos o privados, y brindar servicios judiciales o extrajudiciales. En este sentido, de acuerdo con las diferentes estrategias organizacionales que los agrupe estos profesionales pueden integrar un cuerpo de peritos que preste servicio a uno o más fueros, o incluso depender de una estructura mayor que abarque otras ciencias forenses. [2]

En este marco es que se desarrolla el Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) cuyo objetivo es desarrollar una Guía para la Implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) para Laboratorios de Informática Forense, ajustándose al marco de la normativa general vigente, tanto para laboratorios forenses en general, como en el uso de la informática forense en la justicia. El planteo de este PDTs surge como una consecuencia natural del camino desarrollado por el InFo-Lab, Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense, donde el Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires en conjunto con la Municipalidad de General Pueyrredón y la Universidad FASTA, cooperan en el desarrollo de soluciones tecnológicas para los organismos de justicia. En este camino, la necesidad de encontrar una manera de encuadrar estas prácticas en modelos estandarizados que permitan generar confianza a los destinatarios posibilita la cooperación del InFo-Lab con el Grupo de Investigación y Extensión Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata para el desarrollo de la mencionada Guía.

Los modelos de trabajo interinstitucionales son cada vez más comunes para el abordaje de problemáticas complejas e interdisciplinarias. En el ámbito de la Justicia Abierta en nuestro país esta necesidad de innovación se plantea como un imperativo ético que abarca no sólo a las instituciones públicas, sino además al sector privado y a toda la sociedad civil. En este contexto es que desarrolla el trabajo que da origen a esta comunicación.

La implementación de sistemas de gestión de calidad es menester para los laboratorios forenses a nivel mundial, dado que es una manera de orientar esfuerzos en procura de garantizar la confiabilidad de los peritajes que se realizan [3].

El gran interrogante es seleccionar un modelo que permita generar la aplicación de sistemas de calidad a este tipo de organizaciones con procesos, productos y servicios de características tan particulares.

Si bien existen diversos estándares que se pueden aplicar, para seleccionarlo, es importante evaluar diferentes requerimientos que pueden surgir. González [4] define como elemento referencial para el sistema de gestión a la estrategia de la organización, y resalta que es fundamental identificar aspectos internos y externos relevantes permitiendo la alineación con la estrategia global de la misma.

El modelo elegido para el desarrollo del proyecto fue el de la norma ISO 9001:2015 que permite a las organizaciones buscar el éxito sostenido por medio de la implementación de un sistema de

gestión de la calidad, generar confianza en la capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios conformes a los requisitos de los destinatarios y mejorar la comprensión de la calidad con sus partes interesadas [5].

La nueva versión de la norma ISO 9001:2015, aporta beneficios para las organizaciones al incorporar la alineación estratégica, el análisis de la organización en el contexto, la mayor implicación de la dirección a través del liderazgo, el mayor involucramiento de toda la organización y el abordaje de los riesgos y oportunidades, aspectos que mejorarían la eficiencia de los sistemas y la posibilidad de integración con otros [6]. Es por ello, que luego de la revisión de diferentes normativas internacionales, se decide la elección de este modelo.

Este proyecto permitió estudiar los procesos de los laboratorios forenses y desarrollar los requisitos de los sistemas de gestión de la calidad. Dentro de uno de los aspectos relevantes en la aplicación de los Sistemas de Gestión de la Calidad es el que integra el concepto de gestión de riesgo.

El objetivo del presente trabajo es mostrar la metodología aplicada del pensamiento basado en riesgos en el SGC y los procesos del Laboratorio de Informática Forense de la ciudad de Mar del Plata, la identificación y su evaluación como así también los resultados obtenidos y las ventajas y dificultades durante su desarrollo.

Un SGC no es un sistema estático o un sistema documental atado a la organización, sino más bien un sistema interactivo que produce resultados en las organizaciones, por ello en la búsqueda de la calidad se debe entender el contexto de la organización y así ajustar el curso de acción para sortear obstáculos y encontrar oportunidades que lleven a la organización al éxito. [7]

El pensamiento basado en riesgos permite a una organización determinar los factores que podrían causar que sus procesos y su sistema de gestión de la calidad se desvíen de los resultados planificados, para poner en marcha controles preventivos para minimizar los efectos negativos y maximizar el uso de las oportunidades a medida que surjan, es esencial para lograr un sistema de gestión de la calidad eficaz. [5]

Gestionar un riesgo implica organizar, dirigir y controlar las actividades desarrolladas, con respecto a los riesgos presentes o que se pueden presentar.

El riesgo es el efecto de la incertidumbre respecto del cumplimiento de los objetivos. Por su parte, el efecto es una desviación de lo planificado que puede ser negativa o positiva o ambas y derivar en amenazas y oportunidades [8]. Si bien normalmente el riesgo se asocia generalmente a un desvío negativo (amenaza), sin embargo, la identificación de un desvío positivo (oportunidad) también forma parte de la gestión de los riesgos.

Las organizaciones conocen los riesgos a los cuales se enfrentan constantemente y realizan de una manera u otra el tratamiento de estos. No obstante, cuando los riesgos se gestionan de manera consciente, sistemática y con modelos probados su gestión es realmente eficaz y permite asegurar el cumplimiento de los objetivos del SGC. [9].

El pensamiento basado en riesgo presenta como principales ventajas: evitar el incumplimiento de los requisitos del SGC y de los requisitos legales y reglamentarios; identificar amenazas con el fin de eliminarlas o reducirlas; ayudar a identificar oportunidades; integrar la acción preventiva a la rutina; obtener información para la toma de decisiones, etc.

Uno de los conceptos que destaca la ISO 3100 es que la gestión del riesgo es iterativa y asiste a todas las organizaciones en el camino de la definición de su estrategia, el logro de los objetivos y las acciones sistemáticas. Este enfoque es parte de la gobernanza y el liderazgo y es fundamental para la gestión de las organizaciones en todos los niveles, contribuyendo a la mejora de los SGC [8].

La ISO 9001:2015 no requiere un proceso de evaluación y priorización de los riesgos y oportunidades, es decir una organización puede simplemente identificarlos y tratarlos o bien, lo que se recomienda que es sistematizar el proceso de valoración y priorización de los mismos. Para ello existen diversas metodologías para evaluar los riesgos y oportunidades como las Matrices de análisis de riesgo, AMFE - Análisis Modal de fallas y efectos, What if, Análisis de árbol de decisión, etc.

La matriz de análisis de riesgo es una de las herramientas más utilizadas por su facilidad de uso y porque permite clasificar los riesgos, según su nivel e identificar con claridad cuáles son los riesgos y oportunidades relevantes en la organización. Esta herramienta se conforma por una o varias tablas. Para la construcción de las mismas se requiere determinar cómo se va a valorar el nivel riesgo, por ejemplo, en función de la probabilidad y gravedad o en función de otra/s variables como por ejemplo detectabilidad, relevancia, capacidad, etc.

Finalmente se construye una tabla para la evaluación y caracterización del riesgo que se aplica en función de la necesidad de tomar acciones.

Algunas organizaciones combinan los criterios de los niveles de riesgos y de las variables de probabilidad, gravedad, etc. con una valoración numérica, entonces a partir de cierto puntaje se presenta en uno u otro nivel probabilidad y gravedad y realizando la operación a través de la Ecuación (1)

$$NR = PxG \quad (1)$$

Siendo NR: Nivel de Riesgo, P: Probabilidad y G: Gravedad.

Así se obtiene un valor de nivel de riesgo que define su grado de tolerancia a partir de una matriz L que define diferentes niveles que se pueden presentar.

Considerando que el contexto es cambiante y que las organizaciones se encuentran inmersas en un contexto, la evaluación de los riesgos y oportunidades debe ser monitoreada y revisada periódicamente. Continuamente pueden aparecer nuevos riesgos y oportunidades, desaparición de otros y cambio de nivel de los riesgos. De acuerdo con Miraval [9] "La gestión del riesgo es dinámica reiterativa y sensible al cambio".

Es por ello, que este enfoque se asienta en la necesidad de conocer el contexto de la organización y sus partes interesadas, es decir las cuestiones internas y externas que pueden afectar el desarrollo del SGC como así también las necesidades de las partes interesadas. En este sentido, para la determinación de aquellas cuestiones que pueden dar lugar a riesgos y oportunidades se dispone de algunas herramientas que podrían ser utilizadas, tales como: 5 fuerzas de Porter; análisis PEST; Matriz de Perfil Competitivo (MPC); Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE); Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI); Benchmarking; Matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

Miraval [9] resalta que tener en cuenta los riesgos a lo largo de toda la organización, aumenta la posibilidad de alcanzar los objetivos buscados, la producción es más consistente y los clientes pueden estar seguros de que van a recibir el producto o servicio esperado. El concepto preventivo del análisis de riesgo en todos los procesos es lo que lleva evitar incumplimientos de requisitos ya sean internos o externos del cliente y de otras partes interesadas, incrementando tanto la eficiencia como la eficacia de todo el sistema de gestión.

La guía ISO 31000 que permite la gestión de este enfoque plantea características distintivas de una gestión de riesgo eficaz:

- La gestión debe estar integrada a las actividades de la organización
- Implementar un enfoque estructurado contribuye al logro de mejores resultados
- Debe ser coherente y adaptada al contexto analizado
- La participación de las partes interesadas puede permitir un mayor conocimiento, percepciones y aspectos a tener en cuenta
- La determinación y el análisis deben ser dinámico en función de generar una respuesta eficiente
- La información en la que se basa debe ser clara y oportuna y trabajar por el mejor acceso posible
- Tener en cuenta que factores culturales y humanos pueden influir en los procesos de gestión
- La gestión del riesgo mejora continuamente mediante aprendizaje y experiencia.

2. METODOLOGÍA

El producto del proyecto PDTS está constituido por la Guía técnica para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para un Laboratorio de Informática Forense. Para el desarrollo de la misma se requería diseñar, implementar y revisar el SGC en un caso específico, para lo cual se trabajó con el Laboratorio de Informática Forense del Ministerio Público Fiscal de la provincia de Buenos Aires, Departamento Judicial Mar del Plata (en adelante, nos referiremos como Laboratorio de Informática Forense (LIF) de Mar del Plata). El proyecto fue llevado a cabo por un equipo interdisciplinario de investigadores de instituciones públicas y privadas, que provoca una retroalimentación y enriquecimiento mutuo y que genera nuevos conocimientos, productos y objetos científicos y técnicos. En el mismo participaron agentes fiscales, instructores judiciales, directores de laboratorios forenses y peritos informáticos puestos a disposición del proyecto por parte del Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires. Integraron también el equipo, investigadores de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad FASTA, del Grupo de Investigación y Extensión Mejora continua, Calidad y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata constituyéndose en demandante y adoptante el Ministerio Público de la provincia de Buenos Aires.

El equipo estuvo conformado por profesionales y alumnos de variadas disciplinas: abogacía, criminalística, ingeniería informática, ingeniería industrial, comunicación social, cada uno de los cuales, además, se desempeñaba en distintos ámbitos. Por esta razón resultó esencial, durante la primera etapa del proyecto, la generación de un espacio de intercambio que permitiera abordar la problemática.

Para la generación de este intercambio se utilizaron diversas técnicas de trabajo en equipo que permitiera poner en marcha un aprendizaje colaborativo para la consecución de este proyecto y permitiera en los diferentes equipos el desarrollo de conocimientos y habilidades.

El proyecto se desarrolló durante los años 2018 y 2019 y actualmente se encuentra en la fase de escritura de la guía.

La metodología utilizada en el PDTS involucra las siguientes actividades:

- a) Relevamiento de antecedentes, aplicación de la temática y búsqueda de casos en Argentina
- b) Determinación de los instrumentos e instancias formales necesarias para la elaboración de una guía técnica de implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en un Laboratorio de Informática Forense
- c) Capacitación y generación de un lenguaje común entre las diversas disciplinas e investigadores involucrados
- d) Estudio del caso ejemplo: Laboratorio Informático Forense de Mar del Plata
- e) Desarrollo de información documentada aplicada al caso de estudio
- f) Evaluación y análisis de la implementación y del SGC en el estudio de caso
- g) Elaboración de la Guía técnica para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para un Laboratorio de Informática Forense

En la Figura 1 pueden observarse las instancias de trabajo resaltadas donde se llevó a cabo el estudio, desarrollo de instrumentos y la aplicación del Pensamiento basado en riesgos.

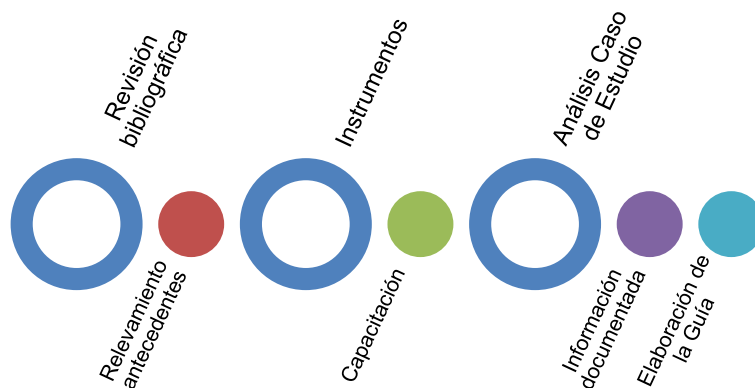


Figura 1- Desarrollo del proyecto

Si bien a efectos prácticos, se plantea el desarrollo del proyecto como una linealidad, en realidad, se desarrollan las diferentes etapas a partir de ciclo de mejora continua, generándose diferentes iteraciones para el logro de los objetivos.

A partir del relevamiento bibliográfico, del conocimiento de las diferentes realidades y avances en la temática posibilitó la selección de instrumentos y estrategias que fueron las posteriormente implementadas.

Un primer paso importante dentro del proyecto para la implementación de la gestión de los riesgos y oportunidades implicó el análisis de contexto y las partes interesadas de la organización.

El estudio del contexto se completó con el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) que se muestra en la Fig. 2 y permite establecer el posicionamiento de una organización respecto a su contexto y a su situación interna y es el paso inicial para generar la matriz de riesgos y oportunidades.



Figura 2 – Matriz FODA, elaboración propia en base a Humphrey, A.

A partir del análisis FODA, la determinación de las partes interesadas, necesidades y expectativas, del estudio de procesos a través de la de Fichas de Proceso, de los diagramas de Flujo y de sus registros, se generó un listado que permitirá construir una matriz de riesgos y oportunidades.

A partir de la revisión bibliográfica se relevaron diferentes tipos de matrices y se construyó un registro adaptado a las necesidades del LIF.

Luego de realizado el relevamiento, se determinaron los criterios para el análisis de la valoración del riesgo y las oportunidades. Para los riesgos se analizaron Probabilidad y Gravedad y para las oportunidades, Factibilidad e Impacto a través de una matriz L que permitió establecer los diferentes niveles y su caracterización. En las Figura 3 y 4 se muestran las matrices utilizadas.

PROBABILIDAD	IMPACTO - CONSECUENCIA		
	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (3)
BAJA (1)	TRIVIAL	TOLERABLE	MODERADO
MEDIA (2)	TOLERABLE	MODERADO	NO DESEABLE
ALTA (3)	MODERADO	NO DESEABLE	NO ACEPTABLE

Figura 3 – Valoración del Riesgo

FACTIBILIDAD	IMPACTO		
	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (3)
BAJA (1)	TRIVIAL	FACTIBLE	ADECUADA
MEDIA (2)	FACTIBLE	ADECUADA	DESTACADA
ALTA (3)	ADECUADA	DESTACADA	PRIORITARIA

Figura 4 – Valoración de las oportunidades

Para la aplicación de las matrices anteriores se establecieron valores de referencia y criterios específicos para su determinación de acuerdo a la naturaleza y los procesos del LIF en particular. A partir de la valoración del riesgo se establecieron Medidas de intervención y se desarrollaron planes de acción para los riesgos No deseables, No aceptables y moderados y, para las oportunidades destacadas y prioritarias.

Todas las definiciones se realizaron teniendo en cuenta los diferentes aspectos de los actores principales a través de trabajo en equipo en diferentes sesiones de mejora.

El gestionar los riesgos y oportunidades a través de una matriz y su correspondiente análisis de significancia permitió establecer áreas prioritarias de abordaje y limitaciones que deben ser tenidas en cuenta en la gestión del SGC.

3. RESULTADOS

En primer lugar, es pertinente destacar que la implementación de los modelos de sistemas de gestión de la calidad es novedosa desde el punto de vista de la gestión de los Laboratorios Informáticos forenses.

El nuevo enfoque que plantea el modelo de la Norma ISO 9001:2015 presenta un abordaje global de la organización que no es habitual en el ámbito implementado, logró generar importantes avances en capacitación, motivación y cambio de paradigma respecto a la mirada de la calidad.

En este contexto, se resalta la importancia de la implementación del pensamiento basado en riesgos del LIF Mar del Plata a través del uso de un enfoque sistemático y del uso de metodologías específicas.

El primer aspecto abordado permitió generar un análisis de contexto y de las partes interesadas en una organización donde la complejidad funcional muchas veces puede influir en el logro de los objetivos. En la Fig. 5 se presentan todas las partes interesadas o grupos de interés con los que se interrelacionan de manera directa o indirecta el LIF, la importancia de esta identificación se basa en que puedan afectar la posibilidad de cumplir los objetivos del SGC y brindar servicios conformes. El mismo fue generado a través de *brainstorming* y estratificación de requisitos con el objeto de establecer los prioritarios y los riesgos asociados que pudieron surgir.



Figura 5 - Mapa de Partes Interesadas - LIF Mar del Plata

Continuando con el análisis de contexto, la generación del mapa de relaciones permitió establecer las interrelaciones de la organización con su entorno. Se puede observar en la Figura 6 que el LIF presenta una realidad compleja al responder ante diferentes organismos actores y dependencias judiciales y relacionarse con distintas dependencias centralizadas de la Procuración General (que responden a la máxima autoridad del Ministerio Público bonaerense, el Procurador General). La asignación de recursos materiales y humanos, por ejemplo, es decidida en esas instancias. Formalmente, al comenzar el trabajo el LIF Mar del Plata era parte de una dependencia mayor, el Cuerpo de Ayuda Técnica a la Instrucción (CATI), que depende del Fiscal General del Departamento Judicial de Mar del Plata (la máxima autoridad del Ministerio Público Fiscal de dicho departamento), actualmente forma parte del Cuerpo de Peritos de la Fiscalía General de Mar del Plata. Pero, en la faz operativa, sus usuarios directos son mayoritariamente los fiscales titulares de las distintas Fiscalías de Mar del Plata. Este contexto puede generar perturbaciones en la planificación de sus procesos y en la posibilidad de cumplimiento de sus objetivos.

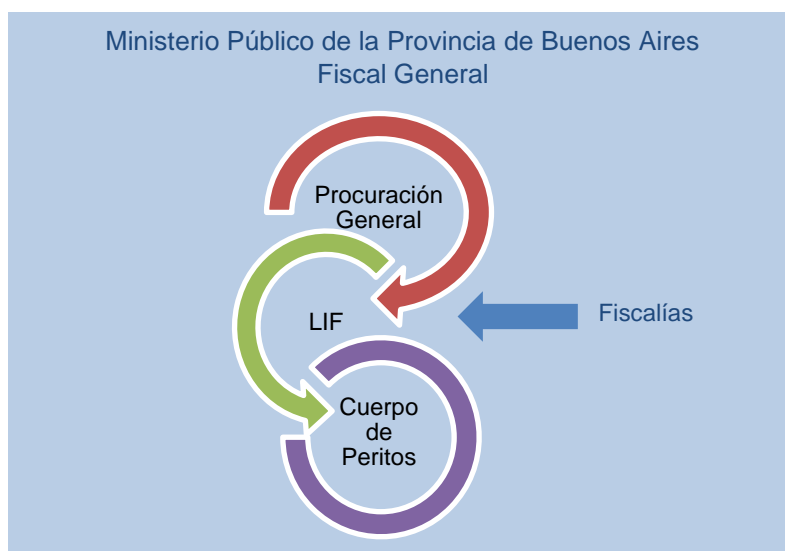


Figura 6 - Esquema del Contexto del LIF

Esta fase, además, permite visibilizar una problemática importante en el LIF Mar del Plata que puede resultar bastante corriente en la administración pública y que es la falta de la identificación de la Dirección.

En estructuras complejas donde la responsabilidad y la autoridad es compartida y en algunos casos se solapa y diluye, se detectó que es fundamental generar una identidad del LIF y la identificación y autonomía de la Dirección a través de la institucionalización de la misma que permita establecer una Planificación Estratégica con el objeto de alinear los objetivos de la organización.

A partir de este análisis se desarrolló el análisis de FODA que determinó los factores internos y externos que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos. Al aplicar esta matriz, los

mencionados factores quedaron divididos en amenazas (riesgos externos) y debilidades (riesgos internos) y con las oportunidades (externas) y fortalezas (oportunidades internas).

Si bien por cuestiones de confidencialidad no se presenta la matriz, puede mencionarse que dentro de las principales problemáticas a abordar desde el punto de vista interno se pueden mencionar el riesgo de mejorar el equipamiento del LIF en recursos de infraestructura, de procesos y de personal en función de la demanda creciente de los distintos servicios del mismo a la justicia. Aunque se destaca como oportunidad la gran experiencia y capacitación de los peritos integrantes del LIF, así como la capacidad de adaptación a los nuevos requerimientos técnicos que día a día van estableciendo desafíos en un campo de la investigación en constante movimiento.

Respecto del posicionamiento de los factores externos, el reto es mantener actualizada la vigilancia tecnológica en un contexto coyuntural donde desde el aspecto legal la informática forense presenta varios interrogantes a nivel mundial y se encuentra en desventaja respecto de ciencias forenses ya consolidadas. Se suma a esta situación la falta de asignación de recursos, las dificultades de coordinación con otras áreas de la justicia, la escasa planificación a largo plazo y la necesidad de la institucionalización que pueden afectar el desarrollo de los procesos internos y los objetivos del SGC.

En contraposición a estas amenazas, es pertinente resaltar la oportunidad que se presenta en el uso de software libre y el gran trabajo interdisciplinario que realiza el LIF.

El siguiente paso la implementación de los Sistemas de Gestión de la Calidad lo constituyó la identificación de los procesos, su mapeo y estratificación en Procesos Estratégicos, Operativos y de Soporte. Luego, su estudio a través de diagramas de flujo y la Ficha de Procesos y la identificación y análisis de los riesgos y oportunidades de estos. Este análisis excede los alcances del presente trabajo pero es pertinente mencionarlo ya que todo el conocimiento y análisis de la organización y sus procesos aportaron para la determinación de los riesgos y oportunidades.

Continuando con la metodología, en diferentes reuniones de análisis se construyó la Matriz de Riesgos y oportunidades que se presenta en la Figura 7.

MATRIZ DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES LIF													
Responsable:			MA-RyO			Fecha Vigencia:		Fecha de Actualización:	Nº de revisión: 0				
Aprobación:													
PROCESO - ACTIVIDAD	TIPO (RIESGOS/ OPORTUNIDAD)	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIAS	EVALUACION DEL RIESGO			VALORACION DEL RIESGO	MEDIDAS DE INTERVENCION					
				PROBABILIDAD	GRAVEDAD / IMPACTO	NIVEL DE RIESGO		ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	PLAN DE ACCION	RESPONSABLES	CRONOGRAMA	INDICADORES	

Figura 7 – Matriz de Riesgos y oportunidades

Una vez identificados los riesgos y las oportunidades, el LIF puede priorizarlos de manera de tomar acciones para abordar aquellos que realmente sean relevante respecto a su valoración.

Debido a que no todos los riesgos presentan el mismo nivel, una vez que se los evaluó de acuerdo a la metodología seleccionada por el LIF y en función del nivel o la valoración numérica del riesgo, se deben tomar las acciones pertinentes para abordarlos de acuerdo a su significancia.

El LIF al abordar los riesgos, puede tomar alguna de las siguientes acciones: evitar el riesgo, asumir el riesgo para perseguir una oportunidad, eliminar la fuente de riesgo, cambiar la probabilidad o consecuencias del riesgo, compartir el riesgo, o mantener el riesgo mediante decisiones informadas. Para la Valoración del nivel de riesgo y oportunidad se trabajó con una matriz L como se mencionó en el apartado 2.

El Análisis de los riesgos se determinó con los criterios establecidos en la Figura 8.

Para la valoración de los mismos se asignaron los valores 1, 2 y 3 de acuerdo a la probabilidad e impacto creciente y así, generar un análisis cuantitativo y permitir la determinación de la valorización.

PROBABILIDAD	BAJA (1)	Ocurre rara vez (<30%, 1 vez al año)	IMPACTO O CONSECUENCIA	BAJA (1)	Impacta levemente en los procesos
	MEDIA (2)	Ocurre algunas veces (<50%, varias veces al año)		MEDIA (2)	Impacta en los procesos que afecta a una parte de la organización

	ALTA (3)	Ocurre casi siempre (1 vez al mes)		ALTA (3)	Impacta en los procesos que afecta a toda organización
--	-------------	---------------------------------------	--	-------------	--

Figura 8 – Caracterización de los riesgos en el LIF

Con la misma metodología, en la Figura 9 se presentan los criterios y la valoración cuantitativa de las oportunidades.

FACTIBILIDAD	BAJA (1)	Leve posibilidad con poca probabilidad de éxito	IMPACTO	BAJA (1)	Bajo Impacto en la organización e interés de los involucrados
	MEDIA (2)	Oportunidad alcanzable, en el mediano plazo con nuevos procesos		MEDIA (2)	Moderado Impacto en la organización e interés
	ALTA (3)	Oportunidad Clara, en el corto plazo con procesos actuales		ALTA (3)	Fuerte Impacto en la organización y elevado interés

Figura 9 – Caracterización de las oportunidades en el LIF

En función del cálculo de la valoración se determinan diferentes acciones. En la Figura 10 se muestra la valoración del Riesgo y las acciones a tomar:

Caracterización	Valor	Tratamiento/Prioridad
No aceptable/Crítico	9	Requieren acción Inmediata con alta prioridad
No deseable/Importante	6	Requieren medidas de acción con alta prioridad
Moderado	3/4	Requiere control y generación de acciones correctivas
Tolerable	2	Requieren acciones de vigilancia
Trivial	1	No requieren acción

Figura 10 – Acciones de acuerdo con la Caracterización de los riesgos

De la misma manera se establecieron valoraciones para las oportunidades

Caracterización	Valor	Tratamiento/Prioridad
Prioritaria	9	La acción Inmediata y con alta prioridad generará un aprovechamiento de una ventaja en la organización
Destacada	6	Es importante analizar medidas de acción con alta prioridad
Adecuada	3/4	Requiere control y análisis para la determinación del aprovechamiento de la oportunidad
Factible	2	Podrían establecerse acciones de vigilancia para la determinación de cambios de nivel
Trivial	1	No es una oportunidad que requiera análisis

Figura 11 – Acciones de acuerdo con la Caracterización de las oportunidades

A partir de este análisis se establecieron planes de acción para 1(un) riesgo no aceptable, para cuatro riesgos no deseables y para doce riesgos moderados. Las diferentes acciones se encuentran en período de implementación.

Asimismo, se identificaron tres oportunidades prioritarias y tres oportunidades destacadas que permitirán generar un aprovechamiento de diferentes potencialidades en función de la mejora del sistema de gestión de la calidad.

Como resultado del análisis de riesgos se desarrollaron los planes de acción. En primer lugar, la necesidad de generar un análisis de los procedimientos y estandarización de pasos fundamentales para la validez de la evidencia en cuanto a la cadena de custodia y el resguardo de la información. Este aspecto si bien excede los límites del LIF, genera un cuestionamiento que permitirá realizar las

solicitudes a otras partes interesadas respecto de procedimientos e infraestructura necesaria para el abordaje de los riesgos.

El abordaje de la mayoría de los riesgos moderados se realizó en conjunto con el estudio de los procesos, identificándose buenas prácticas, estableciéndose puntos de control y acciones tendientes a la minimización del riesgo y su impacto. Se pueden mencionar en primer lugar acciones de implementación de orden y rediseño del *layout* con el objeto de minimizar pérdidas de información en función de riesgos físicos como así también el análisis de las deficiencias y comunicación continua en pro de generar una mejora y disminución del riesgo. Luego, el establecimiento de procedimientos estandarizados para la configuración de duplicadoras de dispositivos, controles en copias de seguridad, criterios en el resguardo de la información, solicitud de actualizaciones de herramientas de software, mantenimiento de acciones para el bloqueo a la información de parte de terceros y auditado del manejo de la misma, dentro de las más destacadas permitiendo un abordaje integral e identificación de mejora de los procesos internos.

En cuanto a las oportunidades prioritarias y destacadas, pueden mencionarse la alineación con el uso y adquisición de software libre a costo cero y actualización generando lazos con diferentes instituciones que permitan acceder a las innovaciones en estas temáticas. Otro aspecto para resaltar es que el LIF identifica como oportunidad la implementación y mantenimiento del Sistema de Gestión de la Calidad ya que permite planificar, ordenar y mejorar los procesos, determinar indicadores de satisfacción y la búsqueda de la eficiencia. Entre las oportunidades destacadas, es importante mencionar la posibilidad de implementación de innovaciones surgidas a partir de los diferentes convenios interinstitucionales que desarrolla el LIF como así también la posibilidad de participar en convenciones, capacitaciones y nuevos proyectos para el desarrollo de herramientas específicas. En esta línea, se genera la necesidad de generar mayor conocimiento del trabajo del LIF tanto dentro del Departamento Judicial Mar del Plata, a partir de un listado de servicios, como dentro de la estructura provincial. Esta acción trae aparejado el objetivo de acceder a información de retroalimentación de los destinatarios y es por ello, que otra oportunidad planteada es la medición de la satisfacción de los usuarios directos, para lo cual se desarrolló una encuesta de satisfacción que se encuentra en la fase de validación. A su vez se destaca una gran oportunidad de transferencia de conocimiento a la sociedad a través de diferentes eventos que, si bien no impactan en los procesos internos, abordan las necesidades de diversas partes interesadas, incluso colaborando en la prevención de la ocurrencia de delitos informáticos.

4. CONCLUSIONES

El proceso llevado a cabo a través del PDTS ha permitido establecer bases sólidas para el desarrollo de la “Guía técnica para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para un Laboratorio de Informática Forense” y la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad en el LIF Mar del Plata. Si bien, el proceso no ha concluido, ha sentado bases firmes de capacitación, conocimiento y cambio de paradigma en el abordaje de los procesos.

La implementación del pensamiento basado en riesgos permitió desarrollar un enfoque proactivo, bajo un enfoque estructurado, sistemático y estandarizado que tiene en cuenta la integralidad de las actividades de la organización.

El desarrollo de las herramientas adaptadas a los procesos y a la cultura del LIF permiten generar un entrenamiento que a futuro asegura la sustentabilidad del SGC.

Sin dudas hay aspectos que se deben evaluar en un plazo mayor que implican la validez de la información utilizada para el establecimiento de los riesgos y oportunidades como así también sus criterios. La participación e involucramiento de las partes interesadas y sus interacciones con el SGC pueden influir positiva o negativamente para la mejora del sistema en función de la gran complejidad del contexto.

Y la aplicación de la mejora continua al sistema de identificación de riesgos y oportunidades serán aspectos que se podrán analizar a futuro como así también el dinamismo en la propuesta de las acciones.

Uno de los grandes desafíos y dificultades se encuentra en que el aval formal de las autoridades del Ministerio Público bonaerense, al cual pertenece el LIF, no se enmarca en una política de calidad afianzada ni en programas de investigación y desarrollo. Debido a ello, ha sido difícil para los integrantes de ese organismo asignar al proyecto la disponibilidad de tiempo y recursos. Ello, a su vez, generó problemas a la hora de adoptar una agenda de tareas y la limitación en las acciones planteadas.

Finalmente, la metodología desarrollada permitió incorporar la filosofía de la calidad y el pensamiento basado en riesgos a las actividades del caso de aplicación (LIF Mar del Plata), la conceptualización del ciclo de mejora continua y la internalización de estos conceptos en las prácticas cotidianas.

El desarrollo de esta guía impacta más allá de la implementación propia del LIF de Mar del Plata, dado que se espera que la metodología desarrollada pueda servir a otros laboratorios de informática

forense judiciales a iniciarse en la adopción de un sistema de gestión de la calidad, como un proceso armonioso y comprometido, donde todas las partes estén involucradas, y donde el objetivo esencial sea justamente el de la medición, reflexión y mejora continua.

Se espera que el equipo continúe el desarrollo de proyectos conjuntos en otras temáticas vinculadas ya que no sólo se han visto enriquecidos, sino que el camino recorrido los ha motivado para pensar e impulsar nuevos horizontes y para profundizar y extender estos modos de vinculación que, como en el caso particular, son generadores de calidad, eficiencia e innovación.

5. REFERENCIAS

- [1] A. DI IORIO et al. (2017) *El rastro digital del delito*. Aspectos técnicos, legales y estratégicos de la Informática forense. Ed. Universidad FASTA. Mar del Plata. Versión electrónica: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/1593>.
- [2] A. DI IORIO et al. (2019) *Guía técnica para diseño, implementación y gestión de laboratorios de Informática Forense*. Ed. Universidad FASTA. Mar del Plata. Versión electrónica: <https://info-lab.org.ar/descargas/libros-y-guias>
- [3] M. Salas Zúñiga, G. Bagnarello Madrigal, M. Chacón Hernández, D. Gómez Murillo, (2014) Diagnóstico de los sistemas de gestión de calidad en laboratorios forenses miembros de la Academia Iberoamericana de Criminalística y Estudios Forenses (aicef). *Ciencia Forense*. INACIPE, año 3, núm. 2, octubre de 2013-marzo de 2014, publicación semestral editada por el Instituto Nacional de Ciencias Penales. México
- [4] GONZÁLEZ, H. (2015) *ISO 9001:2015. hacia la madurez en la gestión*.
- [5] Organización Internacional de Normalización (2015) Norma ISO 9001:2015. Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos
- [6] M. Ambrústolo, M. Migueles, Ma. B. Berardi. (2018) “Análisis de los Cambios en Sistemas de Gestión de la Calidad”, *XXX ENDIO y XXVIII EPIO*, Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) y Jornada de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), Mar del Plata, Buenos Aires.
- [7] D. HOYLE, D. (2018) *ISO 9000 Quality Systems Handbook-updated for the ISO 9001: 2015 standard: Increasing the Quality of an Organization's Outputs*. Seventh Edition by Routledge, New York, NY 10017.
- [8] Organización Internacional de Normalización (2018) Norma ISO 31000:2018. Gestión del riesgo. Requisitos.
- [9] Miraval Fabiola (2017). *Gestión de la Calidad según Norma ISO 9001:2015*. 2da Edición, Editorial Dunken

Análisis de las condiciones de protección trasera de los vehículos remolcados en la provincia de Santa Fe

Ivan Alejandro Sorba^a, Daniel Di Benardini^a, Clara Bendahan^a, Mauro Giancarelli^{a,*}

^a GCETRAM UTN FR SF, Lavaisse 610, Santa Fe 3000, Argentina

* Ivan Alejandro Sorba, dirección de correo electrónico: iasorba@hotmail.com

RESUMEN

Observando los siniestros viales en los que se ven involucrados vehículos de gran porte contra rodados de uso particular como automóviles o pick ups se puede analizar por un lado un producto respaldado por una empresa el cual cumple con diversa cantidad de normas internacionales y ensayos de seguridad los cuales deber sortear para poder salir al mercado. Por otro lado, en los vehículos de transporte por carretera como ser los acoplados o los semirremolques, son generalmente productos realizados por empresas nacionales los cuales nos son sometidos a inspecciones de seguridad tan rigurosas. Sobre todo, cuando hablamos de unidades que superan ampliamente el límite de 23 años de antigüedad que imponía la ley de tránsito 24.449, pero que aún hoy transitan por las rutas y autopistas de nuestro país.

Es por ello que surge como incógnita el hecho de conocer el estado de los sistemas anti empotramiento (paragolpes) del parque del transporte por carretera como así también, cuántos de ellos están en condiciones de cumplir las exigencias que estableció el decreto 32/2018, sobre la necesidad de adaptar dichos paragolpes traseros de estos vehículos a lo fijado por la norma IRAM 10.260.

Palabras clave: vehículos pesados, paragolpes, protección anti empotramiento, ley de tránsito, IRAM 10260.

ABSTRACT

Seeing the traffic accidents in which large vehicles against private use vehicles such as cars or pick-ups are involved, one side of a product endorsed by a company that complies with a variety of international standards and safety tests, which can be analyzed. must draw to get to market. On the other hand, in road transport vehicles such as trailers or semi-trailers, they are generally products made by national companies which are subject to such rigorous safety inspections. Above all, when we talk about units that widely exceed the 23-year-old limit imposed by the traffic law 24,449, but that still transit the routes and highways of our country today.

That is why the fact of knowing the state of the anti-embedment systems (bumpers) of the road transport park as well as how many of them are able to meet the requirements established by decree 32/2018, on the need to adapt said rear bumpers of these vehicles to the provisions of the IRAM 10.260 standard.

Keywords: heavy vehicles, bumpers, underrun protection, traffic law, IRAM 10260.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó a partir del análisis de los vehículos que se hacen presentes a realizar la revisión técnica obligatoria dentro de la provincia de Santa Fe, los cuales representan aproximadamente el 10% del parque móvil que circula por toda la república Argentina.

Los siniestros que se registran en colisiones por alcance entre vehículos livianos y camiones pesados y/o vehículos remolcados pueden tener consecuencias de mucha gravedad debido principalmente a la falta de compatibilidad entre ambos vehículos ya que poseen masas muy disímiles y por otra parte a la falta de un diseño adecuado de los dispositivos de protección trasera de los vehículos pesados.

Para poder realizar el estudio se tomó como base las medidas de un paragolpe estándar establecido por la norma IRAM 10.260, contra el cual se contrastaron todos los vehículos observados. Además de los aspectos geométricos, se observó el estado de conservación del dispositivo anti empotramiento montado en el vehículo, poniendo a consideración si el mismo presentaba dobleces o deformaciones que pudieran afectar el cumplimiento de su función. Otro aspecto que se observó fue la robustez que presentaban los mismos como así también su correcta fijación a la carrocería del vehículo en cuestión.

Para dicho análisis se procedió a efectuar el relevamiento por dos métodos, el primero de ellos a través de fotografías donde se pudo relevar la mayoría de los casos. El segundo método consistió en un relevamiento in situ en el cual se pudo obtener información más precisa sobre las medidas de los paragolpes, construcción de los mismos como así también la robustez de su sujeción.

2. DESARROLLO

El presente estudio nace como continuación a un trabajo elaborado el año anterior sobre los siniestros por alcance entre vehículos de distinto porte en la Provincia de Santa Fe [1], específicamente entre autos y camiones, donde se analizó la peligrosidad que conllevan este tipo de colisiones para los vehículos livianos, los datos fueron obtenidos de la agencia provincial de seguridad vial, en adelante APSV.

En esa investigación se observó que las colisiones por alcance entre vehículos pesados y vehículos livianos se observa representa la configuración de colisión más habitual con el 31% del total. Por otro lado, las colisiones por alcance se encuentran ubicadas en segundo lugar en cantidad de fallecidos solamente superada por los choques frontales, lo cual, pone de manifiesto la elevada gravedad de este tipo de colisión, para estos vehículos debido a la incompatibilidad de sus componentes. El valor tan elevado de fallecidos en este tipo de colisiones pone en evidencia la necesidad de abordar de forma urgente las condiciones de seguridad pasiva que presentan los vehículos pesados, debido a que estas estructuras deberían permitir lograr una tasa de incidencia de fallecidos muy inferior a la que se registran en las colisiones frontales.

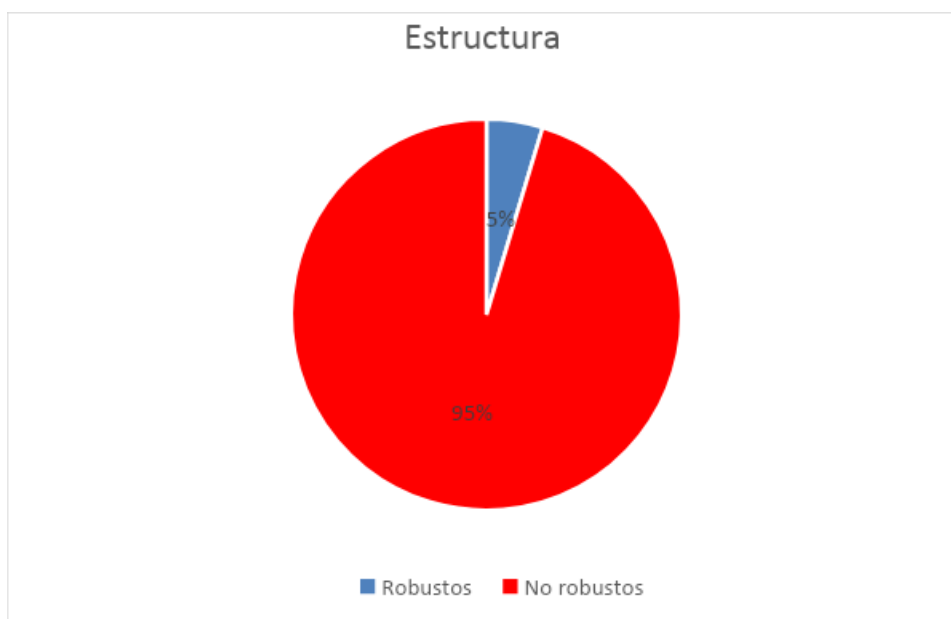
De allí nace la necesidad de evaluar cómo se encuentra actualmente el parque automotor que presta servicios de carga, a los fines de constatar si esto tiene incidencia en el desarrollo de los accidentes, además, de constatar cuantos de los mismos se adhieren a los exigido por el decreto 32/2018 el cual exige que los vehículos remolcados adapten sus paragolpes traseros a los lineamientos que establece la norma IRAM 10260.

Como antes se mencionó, la información para la confección de este estudio se obtuvo por dos vías. La primera de ellas fue obtenida a partir de la información obrante en el sistema RTO-CENT en cual se respalda toda la información inherente a la revisión técnica vehicular, en adelante RTO, de aquí se hizo un relevamiento fotográfico donde se pudo observar la mayor parte de la muestra. Esto se efectuó con la planilla que se observa en la figura 1.



- Figura 3 -

Otro aspecto evaluado fue la robustez de la construcción que poseían cada dispositivo, considerando que debe de resistir el impacto de otro vehículo de aproximadamente 1500Kg (promedio) a una cierta velocidad, manteniendo las deformaciones dentro de ciertos límites, el dispositivo debe de poseer una rigidez importante a modo de poder cumplir con su objetivo. Es en este punto donde comenzamos a observar una de las principales falencias dentro de la muestra observa, es que, según nuestro relevamiento, el 95% (902 unidades) presentaros problemas de este tipo.



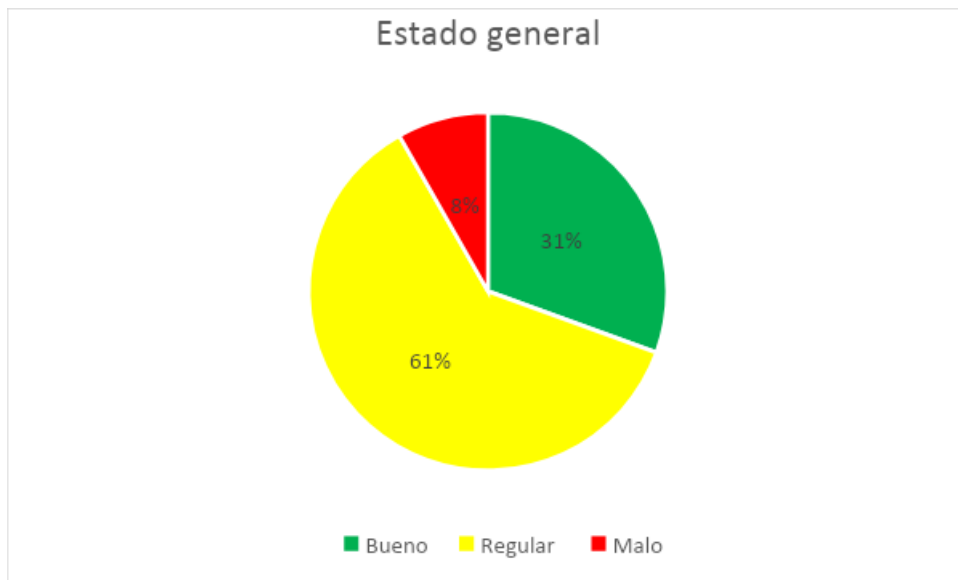
- Figura 4 -

El siguiente punto a evaluar fue el estado general de los paragolpes, donde se utilizó un parámetro de solo tres valores, BUENO para los que se encontraban en perfectas condiciones, REGULAR para los que presentaban algún tipo falencia como torceduras, deformaciones, malas reparaciones, oxido en exceso o fijaciones defectuosas y MALO para los que estaban en pésimas condiciones.



- Figura 5 -

Aquí notamos dos aspectos, el primero de ellos es que el solo un 8% se encontraba en condiciones realmente malas representando una grave falla de seguridad, en tanto que el 31% se encontraba en perfectas condiciones.



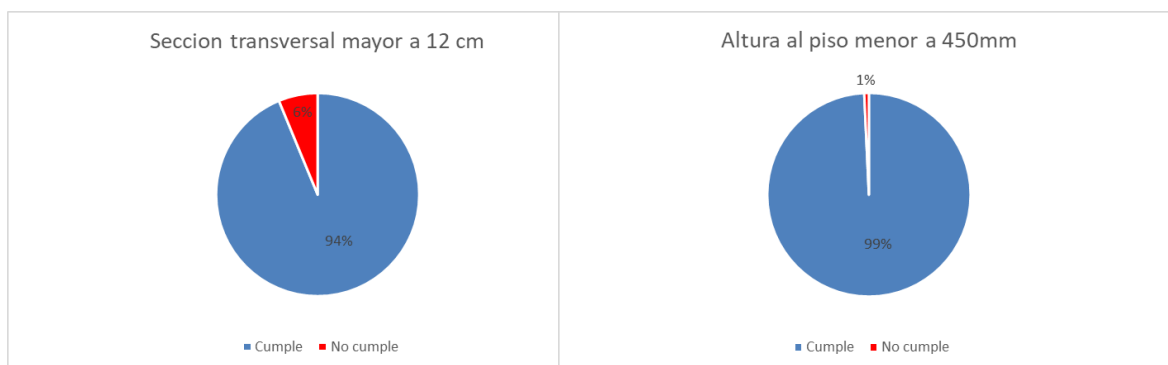
- Figura 6 -

Viéndolo desde otro punto de vista notamos la segunda gran falencia del parque y es que el 69% de los vehículos relevados presentaban algún tipo de falencia, lo cual podría impedir que el dispositivo pueda cumplir con la función para la cual fue asignado.



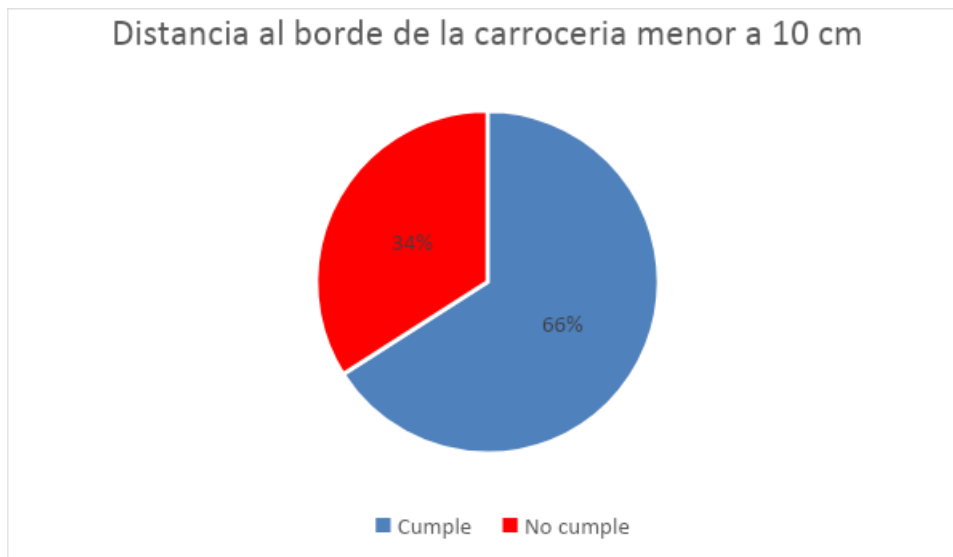
- Figura 7 -

Otro aspecto a evaluar es la sección transversal del paragolpes, la cual debe poseer como mínimo 12 cm, un aspecto ligado directamente al momento de inercia de la pieza y su resistencia. Aquí el 94% (887) de los observados cumplen con esta condición. Algo similar ocurre con la solicitud de la norma de poseer una distancia al piso no mayor de 450 mm, donde el 99% de los observados se adapta a ello.



- Figura 8 -

Finalmente, la última exigencia de la norma es que la distancia desde el borde de la carrocería a los extremos de los paragolpes sea no mayor de 100 mm, siendo lo ideal que cubriese todo el ancho del vehículo. En este apartado nuevamente encontramos otra falencia puesto que solo el 66% (624) cumplía con esta condición.



- Figura 9 -

3. CONCLUSIONES

Podemos apreciar que los dispositivos observados presentan en general tres (3) grandes falencias que, en sí, definen la capacidad del paragolpes de cumplir con la función para la cual fueron diseñados y que es la de evitar el empujamiento de vehículos en la parte trasera de los transportes de carga.

La primera de estas grandes falencias es la falta de robustez, debido a que muchas veces el tamaño del dispositivo no coincide con el volumen de la unidad a proteger o bien que dada las tareas que desempeña el vehículo, estas protecciones se fijan de forma móvil, ganando en practicidad, pero pensando de sobre manera en la parte de seguridad.



- Figura 10 -

La siguiente gran falencia que detectamos en este análisis es el estado general de los paragolpes, si bien muchos posean las especificaciones geométricas que sugiere la norma, los mismos se encuentran en moderada o gran estado de deterioro, debido mayormente a accidentes previos los cuales no han sido reparados en tiempo y forma o incluso presentando un avanzado estado de oxidación producto de una falta de mantenimiento preventivo.



- Figura 11 -

La tercera y última gran falencia que hayamos fue que gran parte de los equipos instalados no cubrían por completo la parte trasera del vehículo, incluso no respetando la distancia máxima de 100 mm al extremo de la carrocería. Esto genera que una parte quede expuesta ante posibles impactos que no sean 100% frontales, además, de generar posibles incrustamientos en donde el paragolpe funcionaría como un punzón.



- Figura 12 -

Todas estas falencias contribuyen a generar que el paragolpes no pueda cumplir con su tarea de ser un objeto relativamente sólido y capaz de contener un cierto impacto. Esto produce a su vez que el vehículo que impacta no puede efectuar su deformación programada desplazando esa deformación a otras zonas que no están diseñadas para ello, tal y como se ve en la imagen que se observa a continuación obtenidas de ensayos de impacto realizados en el IIHS [3].



- Figura 13 -

Finalmente se debe mencionar que en la actualidad existen varias empresas en el mercado que han logrado homologar con éxito un tipo de paragolpes que se adecua a las exigencias de la norma IRAM 10260, que, además, son de sencilla instalación y que se adecuan a la mayoría de los vehículos existentes. El precio de adquisición ronda los \$21.500 + IVA, lo cual no representa un costo significativo si tenemos en cuenta el valor de estos vehículos y podrían contribuir de gran manera a la seguridad vial.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sorba, Di Benardini, Bendahan, Giancarelli (2019, Septiembre). Análisis De La Siniestralidad Por Alcance En Vehículos Pesados En La Provincia De Santa Fe En El Período Comprendido Entre 2012 Y 2016. 2do CONGRESO sobre MEDIOS de TRANSPORTES y sus TECNOLOGÍAS APLICADAS. Grl. Pacheco
- [2] Norma Iram-Aita 10260
- [3] Insurance Institute For Highway Safety (IIHS) - Sunderride Guards Can Be Lifesavers, But Most Could Be Improved March 14, 2013
- [4] Allen, K. (2010, October.) The Effectiveness Of Underride Guards For Heavy Trailers. (Report No. Dot Hs 811 375.) Washington, Dc: National Highway Traffic Safety Administration.

Optimización de la calidad de la producción textil animal aplicando algoritmos de aprendizaje profundo

Abet, Jorge Eduardo; Arcidiácono, Marcelo J.M.; Carrizo, Blanca Rosa; Olariaga, Sandra; Enamorado, Sofía^(*); Rubiolo, Gino Sebastián^(*).

GICCAP, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
jabet@frc.utn.edu.ar/marcidiacono@frc.utn.edu.ar/bcarrizo@frc.utn.edu.ar/solariaga@frc.utn.edu.ar/ginosebastianrubiolo@gmail.com/sofienamorado@hotmail.com.

RESUMEN

Esta propuesta surge de la sinergia entre las carreras Ingenierías Industrial y Mecánica; y se está encubando en el seno de un Grupo de Investigación del Dpto. Industrial en Control Avanzado de Procesos y Producción (GICCAP). Tiene por objetivo aplicar un método de extracción y clasificación de características biométricas relevantes de fibras textiles, de origen animal, mediante una red neuronal de aprendizaje profundo. Del análisis de las características morfológicas de las fibras y la obtención de valores estadísticos precisos podrían surgir nuevos descriptores que, a su vez, tendrían un impacto positivo en el estudio físico y mecánico de las fibras [1]. La metodología propuesta, mediante la incorporación de sistemas de visualización automáticos que emplean cámaras y rutinas de procesamiento de imágenes, reemplazaría a los métodos tradicionales para detectar aquellos patrones específicos que proporcionan una medida de calidad de las fibras o aquellos que permiten detectar anomalías. Orientado a la calidad, en el campo de la Ingeniería Industrial, este sistema automático permitiría mejorar la velocidad y eficiencia en los controles constituyéndose en un factor clave que podría contribuir a aumentar la competitividad de las empresas del rubro, disminuyendo el tiempo de inspección y los obteniendo resultados más precisos, de esta manera se lograría una reducción de costo incrementando las ganancias.

Palabras Claves: Algoritmos de reconocimiento / Explotación productiva Tecnológica / Industria Textil.

ABSTRACT

This proposal arises from the synergy between the Industrial and Mechanical Engineering careers; and it is being incubated within a Research Group of the Industrial Department in Advanced Control of Processes and Production (GICCAP). Its objective is to apply a method of extraction and classification of relevant biometric characteristics of textile fibers, of animal origin, through a deep learning neural network. New descriptors could emerge from the analysis of the morphological characteristics of the fibers and the obtaining of precise statistical values, which, in turn, would have a positive impact on the physical and mechanical study of the fibers [1]. The proposed methodology, by incorporating automatic visualization systems that use cameras and image processing routines, would replace traditional methods to detect those specific patterns that provide a measure of fiber quality or those that allow anomalies to be detected. Oriented to quality, in the field of Industrial Engineering, this automatic system would improve the speed and efficiency of the controls, becoming a good factor that could contribute to increasing the competitiveness of the companies in the field, reducing the inspection time and the obtaining more precise results, in this way a cost reduction would be achieved by increasing profits.

Keywords: Recognition algorithms / Technological productive exploitation / Textile Industry.

1. INTRODUCCIÓN

La identificación y caracterización de pelos y fibras de origen animal (incluido el humano) o vegetal, adquiere una importancia relevante, por ejemplo, en la tipificación de la dieta en humanos y animales depredadores, en la confección de inventarios faunísticos [2], en la clasificación y en la estimación de abundancia de especies, en criminología, en la industria peletera y por supuesto en el análisis y estudio de las fibras con propiedades y usos textiles industriales [3] e inclusive artesanales. Más de un millón de pequeños productores de los Andes centrales de Sudamérica tienen alpacas y llamas como principal medio de subsistencia. Los animales proveen carne, leche, fibra, energía de transporte y guano y, además, constituyen un elemento importante de la identidad cultural de sus pueblos. Poblaciones específicas de estos camélidos califican para ser capturadas, esquiladas y liberadas generando un ingreso adicional a las comunidades en que viven. El aumento de la producción de fibras y demás productos de camélidos sudamericanos, a la vez de preservar un recurso genético animal crítico y los valores culturales asociados y mejorar la calidad de vida de muchos pequeños productores, debe ser parte de una estrategia global de inversión sostenida en investigación y desarrollo apropiados.

En el contexto de la sustentabilidad productiva de fibras textiles, la oportunidad de contar con un método accesible, económico y amigable con el medio ambiente para reconocer y clasificar diversos tipos de fibras que permita optimizar el proceso productivo, es de vital importancia. En este trabajo se propone un método de extracción y clasificación de las características biométricas basado en técnicas usuales de segmentación y el entrenamiento de una red neuronal de aprendizaje profundo. [6].

En base a la clasificación, se pueden aplicar técnicas de procesamiento usuales de imágenes para relevar algunos de los indicadores que se pueden utilizar para medir la calidad de las fibras tales como:

- Factor de Confort (FC) (que constituye el porcentaje de fibras de menos de 30 micrones), y
- Factor de Picazón (FP) (que constituye el porcentaje de fibras de menos de 30 micrones).

Se plantea también como desafío poder diseñar y asegurar hacia el mediano plazo una política sectorial e integral permanente, con una gestión de la calidad que incluya estos nuevos atributos requeridos por el consumidor final, promoviendo el agregado de valor doméstico con el aprovechamiento de todos los productos secundarios, promoviendo e impulsando el desarrollo de prácticas comerciales asociativas y explorando nuevos nichos de mercados y consolidando la provisión y satisfacción hacia las demandas de mercados emergentes.

1.1. Indicadores relevantes.

La industria de la moda, que utiliza la fibra de camélidos como materia prima con calidad de exportación, se encuentra inmersa en un mercado mundial exigente donde resulta importante tomar en consideración las preferencias del consumidor conociendo sus gustos y su forma de escoger las prendas que va a adquirir. El confort que brinda una prenda elaborada con fibra animal es una de las cualidades más apreciadas por el cliente. Esta comodidad podría relacionarse con el porcentaje de fibras mayores a 30 micras (μm) que posee el vellón conocido como el factor de confort, es decir, el porcentaje de las fibras menores de 30 μm que tiene el vellón. El porcentaje de fibras mayores a 30 μm se conoce como el factor de picazón. Por tanto, la industria textil de prendas prefiere vellones con un FC igual o mayor a 95% con un FP igual o menor a 5%.

En el proceso productivo está formado por cinco (5) etapas, que se describen a continuación [4]:

Etapla 1: Clasificación: Las plantas manufactureras realizan sobre las lanas sucias, o grasientas, antes de someterlas a los distintos procesos industriales, una clasificación que tiene dos finalidades: separación de los vellones por finura, y determinación del tipo industrial. La primera se realiza por las distintas calidades existentes en cada vellón, se separan mechas de color, los trozos de piel adheridos, etc., difíciles de extraer luego del lavado. El segundo tipo de clasificación diferencia las lanas en dos grupos, según el largo de mecha: lanas de carda y lanas de peine. Las primeras son las de mecha corta, pero que además reúnen ciertas cualidades de finura, elasticidad, ondulación, etc. Las lanas de peine deben tener un largo de mecha mínimo, buena resistencia y uniformidad, que les permitirán soportar sin deteriorarse los procesos necesarios para transformarlas en hilados.

Etapla 2: Lavado: Tiene como finalidad separar de las fibras la grasa y otras sustancias extrañas, pero sin remover la materia vegetal. El proceso se realiza en agua caliente con detergente, en una serie de bateas de remojo, accionadas mecánicamente con rastrillos automáticos que mueven continuamente la lana. Luego de la última batea, la lana pasa a la fase de secado, que se realiza en una máquina con circulación de aire caliente.

Etapa 3: Cardado: En este proceso se utiliza una máquina que consiste de una gran rueda giratoria, accionada por una correa sinfín, que hace girar una serie de cilindros cubiertos por púas en forma de U. La lana pasa entre los cilindros, se separa totalmente por la acción combinada de las púas, lográndose una mezcla adecuada de fibras. La operación se realiza en un juego de cardas sucesivas, con púas progresivamente menores. La última posee tramos sin púas donde se van juntando las fibras, que luego por acción giratoria se transfieren a un aparato frotador y giratorio que transforma las fibras en mechas circulares que luego se arrollan en bobinas.

Etapa 4: Peinado Se hace pasar la lana por las cardas, de donde salen en forma de “velo”. Luego el velo es pasado por una máquina que reúne varios de ellos en una cinta de lana. En una segunda fase, se pasa la cinta por una máquina de estirar, que corrige las disgregaciones ocurridas al reunir los velos. Posteriormente, se somete la cinta de lana a la acción de las máquinas peinadoras, encargadas de colocar a todas las fibras paralelamente y eliminar las cortas, mejorando así su uniformidad. Finalmente, las cintas procedentes de varias peinadoras son reunidas en una máquina para formar una sola cinta. Luego, dicha cinta pasa por una máquina de estirar, produciéndose bobinas conocidas también como “tops”.

Etapa 5: Hilado: La transformación de lanas cardadas y peinadas en hilos constituye la etapa previa para sus usos industriales. Consiste en el estirado, la torsión y el plegado. La magnitud del estirado difiere según se trate de lanas cardadas o peinadas. En las primeras, el estirado llega a cuadruplicar su longitud original, mientras que para las peinadas el estirado puede llegar de seis hasta dieciséis (16) veces.

El método propuesto permite incorporar, en la primera etapa del proceso, un procedimiento automático de clasificación basado en un algoritmo de aprendizaje profundo. Una vez clasificado el tipo de fibras se pueden aplicar algoritmos usuales de procesamiento de imagen para medir el diámetro o curvatura de la fibra [5].

2. CASO ANÁLISIS.

Los sistemas productivos ovinos en la Argentina han sido históricamente sistemas orientados a la producción de lana. Cuando hablamos de calidad de lana necesariamente debemos referirnos a las propiedades de la fibra que son importantes en la industria textil. La principal característica que determina cual es el producto final a confeccionar, es el diámetro de fibra. Las lanas finas se destinan a vestimenta, mientras que las más gruesas tienen como destino tejidos más pesados. Las lanas finas permiten realizar un hilo muy delgado y con éste obtener un excelente acabado en la tela, con la que se confeccionan prendas de muy alto valor. La Argentina se coloca en el tercer lugar como proveedor de lanas para indumentaria, por su producción de lanas finas, más del 60% de lana Merino, considerado hoy como una ventaja competitiva frente a otros países productores de lanas. [8]

	2019/2020				
	Ovinos Sheep	Toneladas sucias Greasy tons			
		Total	Fina Fine	Mediana Medium	Gruesa Coarse
Buenos Aires	1.483.221	6.500	1.040	4.940	520
Catamarca	100.000	250		250	
Chaco	35.000	100		100	
Chubut	3.375.000	13.500	13.230	270	
Córdoba	150.000	500		400	100
Corrientes	586.667	2.200	396	1.804	
Entre Ríos	133.333	500	180	320	
Formosa	45.000	100		100	
Jujuy	279.861	650		650	
La Pampa	230.978	850	230	527	94
La Rioja	42.000	140		140	
Mendoza	35.000	100		100	
Misiones	20.000	50		50	
Neuquén	181.176	700	581	119	
Río Negro	975.000	3.900	3.900		
Salta	60.000	150		150	
San Juan	20.000	50		50	
San Luis	10.000	40		40	
Santa Cruz	2.391.304	10.000	6.500	3.500	
Santa Fe	20.000	50		50	
Santiago del Es	100.000	270		270	
Tierra del Fuego	350.000	1.400	448	952	
Tucumán					0
Totales	10.623.542	42.000	26.505	14.782	714

Tabla 1. Población y producción por Provincias - Período 2019/2020. Puede notarse que las provincias patagónicas son las mayores productoras de lana.

En la Tabla 1 se observa [4], a nivel numérico, la producción y población por provincias de lana, donde la Patagonia es la mayor productora de materia prima, la cual presenta algunas ventajas competitivas como: el estatus sanitario de sus majadas, la cría en ambientes naturales, la pureza racial de sus majadas, su cultura y experiencia en la producción y su adaptación productiva a nuevas demandas de los consumidores de productos con lana.

En la Figura 1, podemos observar que la participación porcentual de la población ovina, está liderada por las provincias de: La Pampa, Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

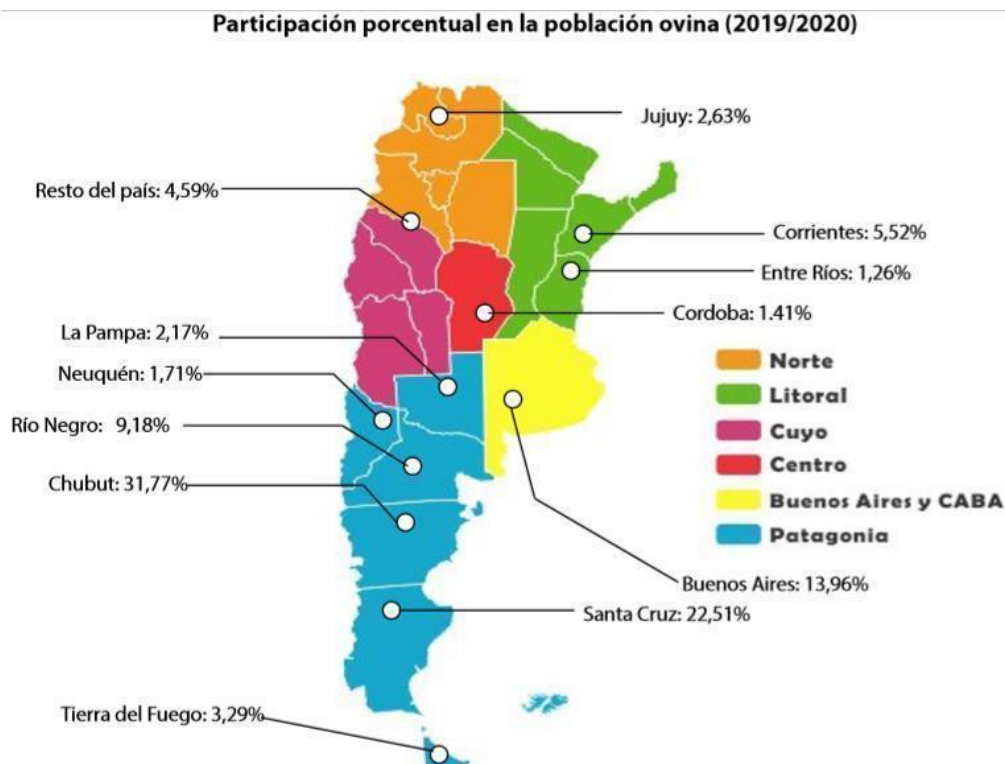


Figura 1. Distribución de la población ovina en la República Argentina. Fuente: Federación Lanera Argentina

El impacto de la producción de lana en la economía regional de la Patagonia es muy fuerte, más del 60% de la lana que se produce localmente es patagónica, es la de mayor valor y calidad del mercado.

Cabe aclarar que, en Trelew (Pitt) se ha instalado un parque industrial lanero con capacidad de procesar el 100% de la lana argentina y que en términos de magnitud es uno de los clústers de empresas del rubro más importantes del mundo fuera de China.

3. METODOLOGÍA

Para resolver el problema de clasificación y separación de tipos de fibra en la primera etapa de procesamiento, se utilizan Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo que son Redes Neuronales del tipo Convolutiva, ya que poseen una arquitectura y característica más apropiadas para resolver este tipo de problemas. A continuación, se describe el sistema completo que se ha creado para alcanzar el objetivo propuesto en el presente trabajo.

3.1. Entrenamiento

El entrenamiento de la Red Neuronal Convolutiva que resuelva las necesidades planteadas de clasificación de fibras, se logró modificando los pesos de las neuronas que forman la red y sus valores calculando, iterativamente, mediante el método de backpropagation de aprendizaje supervisado. Este algoritmo de backpropagation o propagación hacia atrás, consta de dos etapas principales: Para cada elemento del conjunto de entrenamiento, se calcula la clase a la que pertenece según los valores que tienen los pesos de la red en ese momento. Entonces, el algoritmo determina cómo de buena es dicha clasificación mediante la función de error, comparando la clasificación realizada con la clase a la que realmente pertenece dicho elemento. Una vez que se ha obtenido el error cometido, el algoritmo propaga hacia atrás las neuronas con pesos que aportan suficiente a la clasificación de la entrada. Con este proceso iterativo se fueron actualizando los pesos

para optimizar la función de error, mediante el algoritmo de descenso del gradiente. Éste método actualiza los pesos de la red en la dirección opuesta del gradiente de la función de error.

Para el entrenamiento de la red es necesario definir un conjunto de datos de entrenamiento. En este caso el conjunto está constituido por un gran número de imágenes de distintos tipos de fibra, debidamente etiquetados. A partir de estas imágenes, la red neuronal convolucional obtiene características específicas de cada clase, aprendiendo así a diferenciarlas. Es por ello que, a mayor número de imágenes de entrenamiento se tengan para entrenar la red, mejores serán los resultados en la clasificación de objetos nuevos.

3.2. Arquitectura de la Red

La arquitectura de la Red utilizada está constituida por:

Una capa de entrada: del mismo tamaño de la imagen que se toma como entrada, en este nuestro caso, de dimensión 128 x 128 píxeles.

Una primera capa de convolución: con los parámetros asociados, de los que se han tomado 32 filtros de tamaño 5 x 5. Los pesos de los filtros de esta primera capa se establecieron aleatoriamente para la primera iteración, cumpliendo siempre con el requisito imprescindible de que tengan las dimensiones especificadas.

Una capa de Pooling: realizando una operación de *Max Pooling* (un agrupamiento de máximo valor), donde se especifica el tamaño de pooling, es decir, el tamaño de la región que se irá desplazando sobre la imagen y a la que se le irá aplicando el máximo.

Una capa ReLU: Las siglas que dan nombre a esta capa vienen dadas por el término *Rectified Linear Unit*. Esta capa se limita a realizar una operación sencilla sobre cada elemento de entrada; todas las entradas que sean menores que cero se fijan a cero, las demás se mantienen iguales.

$$f(x) = \max(0, x)$$

La salida de esta capa tendrá la misma dimensión que tenía a la entrada. Esta función se utiliza para acelerar la convergencia. A continuación, se repite el conjunto de éstas tres últimas capas (convolución, pooling, ReLU) dos veces más. La única diferencia es que para el pooling utilizaremos la función media en lugar del máximo.

Capas de neuronas totalmente conectadas: Después de estas, se añaden capas completamente conectadas. El parámetro de entrada de ésta especifica la longitud deseada del vector de salida de esta capa, la cual será la entrada a la última capa, la capa de clasificación. Por tanto, este valor es igual al número de categorías diferentes en las que se desea clasificar la imagen.

Capa de clasificación: Devuelve la categoría en la que se ha clasificado la imagen, además de la función de pérdida usada para entrenar la red de clasificación.

3. CONCLUSIONES.

Un producto de calidad, ya sea una prenda de vestir, una alfombra, un fieltro o una prenda artesanal comienza con una excelente materia prima. Se define como una lana fina de buena calidad a aquella que sea sana, con un adecuado desarrollo o largo de mecha, sin debilidades en su crecimiento, con baja variabilidad en sus características y reducidos niveles de contaminación. [9] Desde el punto de vista de la producción el abordaje para lograr un método automático de clasificación de cada tipo de lana logra optimizar la primera etapa del proceso industrial, aumentando la eficiencia y logrando disminuir los costos en todo el proceso.

Es claro que el proceso de clasificación se torna fundamental. Es el momento adecuado para introducir metodologías de inspección y procesamiento de imágenes que tienden a lograr un progreso más acelerado en el sector agroindustrial de la lana.

Otros factores que afectan a la calidad son los factores ambientales internos (edad, sexo, efecto materno, comportamiento reproductivo) y los externos (clima, nutrición, sanidad). [7]. En ese sentido, el uso de metodologías de Aprendizaje Profundo, permite trabajar con descriptores específicos para incorporar la detección de dichos factores.

La cadena de valor de la lana tiene una importancia muy significativa en la matriz económica y productiva del país, motoriza a la gran mayoría de los pueblos y sostiene un número importante de empleos directos e indirectos. Es imprescindible a su vez tener en cuenta los gustos y preferencias de los consumidores más allá de asegurarse una prenda de vestir con máxima calidad de confección y diseño, demandan también nuevos atributos que no dependen solo de la calidad intrínseca de la fibra o de la confección sino que, son "atributos sensoriales" tales como: Lanas producidas con cuidado con el medio ambiente (Salud ambiental), lanas producidas con cuidado y bienestar animal (Lana Orgánica, Salud animal), lanas producidas con comercio y condiciones laborales justas. (Responsabilidad Social Empresaria). En este contexto, la calidad va a estar determinada por el producto final a conseguir y en primera instancia por las preferencias del destinatario final de ese producto, o sea el consumidor. La metodología propuesta pretende brindar acceso, de forma simple y a bajo costo, a la información que permita al productor mejorar el proceso productivo, proporcionado al mismo tiempo parámetros indicativos del nivel de calidad del producto.

4. REFERENCIAS.

- [1] Adot O, (2010). Introducción a la Industrialización de la Lana y las Fibras Especiales. Documento Interno SUPPRAD N° 2.
- [2] Arcidiácono, M., Constable, L., Destefanis, E., Vázquez, J. C., (2014). Determining diameter of animal textile fiber using image processing techniques. IEEE, CLEI.
- [3] Ford, J. y Roff, W., (1954). Identification of Textile and Related Fibres. J. Textile Inst., 45: 580-611.
- [4] Flasite. Federación Lanera Argentina. Recuperado de: <http://www.flasite.com/index.php/es/procesos/procesos-industriales>
- [5] Frank, E., (2008). Camélidos Sudamericanos. Producción de fibra, bases físicas y genéticas. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 28, pp. 112-119.
- [6] Frank, E., Hick M., Prieto, A., Castillo, M., (2009). Metodología de Identificación Cualitativa y Cuantitativa de Fibras Textiles Naturales. Documento Interno SUPPRAD N° 1.
- [7] Pascual.I (2018). Producción de lana. Sitio Argentino de Producción Animal.
- [8] Elvira, Mario Gonzalo. (2017). El escenario actual de la lana: Mercado mundial y nacional, perspectivas y posibilidades. INTA.
- [9] Frey, Ana (2007) Calidad de Lanas en la Argentina - Memorias del V Congreso Latinoamericano de Especialistas en pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos. Pág. 28-30.

El ecoetiquetado como política pública clave para la ratificación del Acuerdo de Asociación Estratégica MERCOSUR – Unión Europea (UE)

Caminos, Constanza Carolina*; Carrizo, Blanca Rosa; Funes, María Valeria y Specchia, Nelson Gustavo

*Departamento de Ingeniería Industrial - GICAP, Universidad Tecnológica Nacional - FRC.
constanzaccaminos@gmail.com; brcarrizo@yahoo.com.ar; valeriafunes1@gmail.com;
nelson.specchia@gmail.com*

RESUMEN

En el marco del “Proyecto de Investigación: Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente” radicado en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba y en el GICAP que tiene como objetivo general “Diagnosticar y evaluar la coordinación de la gobernabilidad ambiental internacional con la llevada a cabo en el MERCOSUR y Argentina desde 1991 a la actualidad (2018) orientadas al comercio internacional”. Se crea este artículo que busca describir y analizar la eco- etiqueta ecológica puesta en marcha por la Unión Europea en 1992 para investigar de manera comparada los instrumentos vigentes del MERCOSUR.

El objeto es indagar cómo la gestión ambiental de Argentina y el bloque del cono sur tienen una gran deuda con la creación de un instrumento capaz de certificar la calidad ambiental y dotar de mayor competitividad a las empresas que hoy exportan.

La justificación del tema abordado surge, no solo frente a la tendencia internacional de proteger el medio ambiente y generar un desarrollo sostenible y sustentable mediante una economía verde, sino también es importante no perder de vista, desde un análisis microsocial, el comportamiento de los consumidores que, según diversos estudios relevados están mayormente dispuestos a comprar productos “verdes”.

Frente a este panorama la firma del “Acuerdo de Asociación Estratégica Mercosur- UE” el 28 de junio del 2019 y el reciente avance concretado en el mes de junio entre estos dos actores dan muestra que la intención de lograr el tratado de libre comercio puede hacerse realidad en tanto y en cuanto el MERCOSUR comience a generar propuestas de políticas públicas concretas en aras de resguardar el medio ambiente.

Palabras Claves: Comercio Internacional – Medio Ambiente – Eco etiquetas - MERCOSUR – Unión Europea

ABSTRACT

Within the framework of the "Research Project: Globalization, International Trade and Environment" eradicated in the Department of Industrial Engineering of the Córdoba Regional National Technological University and in the GICAP whose general objective is "To diagnose and evaluate the coordination of environmental governance international with the one carried out in MERCOSUR and Argentina from 1991 to the present (2018) oriented to international trade ". This article is created that seeks to describe and analyze the eco-label launched by the European Union in 1992 to compare the current instruments of MERCOSUR.

The objective is to investigate how the environmental management of Argentina and the southern cone block have a great debt with the creation of an instrument capable of certifying environmental quality and making companies that export today more competitive.

The justification of the issue addressed arises, not only in the face of the international trend to protect the environment and generate sustainable and sustainable development through a green economy, but it is also important not to lose sight, from a micro-social analysis, of consumer behavior. that, according to various studies surveyed, are mostly willing to buy "green" products.

Against this background, the signing of the “Mercosur-EU Strategic Association Agreement” on June 28, 2019 and the recent progress made in June between these two actors show that the intention to achieve the free trade agreement can be made reality as long as MERCOSUR begins to generate concrete public policy proposals in order to protect the environment.

Keywords: International Trade - Environment - Eco labels - MERCOSUR - European Union

1. INTRODUCCIÓN

El contexto actual de emergencia sanitaria, la crisis del comercio internacional y la situación particular de la caída de la actividad económica de Argentina invitan a reflexionar acerca de la estrategia que este país toma en el ámbito supranacional para enfrentar la agravada recesión actual (2020)

A nivel internacional, Argentina ha tomado diferentes compromisos que lo vinculan cada vez más con prácticas que resguardan el medio ambiente y que anteponen una serie de condicionantes que requieren de una planificación específica para el cumplimiento de los objetivos contraídos.

En este sentido, el camino tomado por este país para obrar en sintonía con el Acuerdo de París sobre Cambio Climático y el Compromiso con la Agenda 2030 que “promueve la sostenibilidad en todos los ámbitos del desarrollo humano” son reconocidos a nivel internacional y dan muestra de un liderazgo por parte de sector político que ha tomado medidas claras orientadas a reducir los problemas comunes que se presentan a lo largo y ancho de América Latina (AL), como ser: la contaminación del aire y el impacto que tiene en la salud, los desechos sólidos y químicos altamente peligrosos y su tratamiento, la biodiversidad, la desertificación y degradación de la tierra [1].

Ahora bien, si a esos compromisos se le adhieren los condicionantes principales que se adquieren mediante los acuerdos comerciales que Argentina, conjuntamente con todos los demás miembros del MERCOSUR crean para así mejorar el flujo comercial de los estados parte, uno de los convenios de mega regionalismos, que mayor expectativa ha generado en los últimos años atiende al “Acuerdo Histórico de Asociación Estratégica entre la Unión Europea (UE) y el MERCOSUR” firmado el 28 de junio del 2019.

En lo que a apertura de mercados refiere, la firma de este acuerdo es prometedora, claro que no hay que perder de vista que todavía queda mucho camino por andar puesto que se suma un elemento fundamental para su ratificación, y es el de contrarrestar el lobby generado por los grupos opositores al convenio del continente europeo. Una de las principales críticas se encuentra en la imagen negativa de los productos provenientes del Mercosur, dado que se considera que los mismos no cuentan con los mismos estándares de calidad provistos por la comunidad europea, y por ello se adjudica que estos repercuten de manera directa y negativa en la salud de sus ciudadanos.

No es menor tener en cuenta que desde 1972, año en el que se crea el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) hasta la actualidad el continente europeo tiene un rol fundamental en el cuidado medioambiental. En aquel entonces los Jefes de Estado de la Comunidad Europea reconocieron “(...) la necesidad de establecer una política comunitaria en materia de medio ambiente que acompañara la expansión económica (...)” [2] y crean en el año 1973 el “Programa de Acción de 1973” [3] que sienta los precedentes de una metodología de trabajo que se sustenta en objetivos prioritarios inherentes a reducir el impacto sobre el medio ambiente, para un periodo de varios años [4] con el objetivo de poder medir la factibilidad y cumplimiento de las metas propuestas.

Desde aquel entonces a la actualidad se encuentra el compromiso creciente de la UE a trabajar en aras del desarrollo sostenible y hoy en día puede identificarse al mismo como el principal defensor y promotor de políticas públicas orientadas a “conservar, proteger y mejorar” el medio ambiente.

En este contexto, en el marco del proyecto de investigación “Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente radicado en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba y en el GICAP que tiene como objetivo general “Diagnosticar y evaluar la coordinación de la gobernabilidad ambiental internacional con la llevada a cabo en el MERCOSUR y Argentina desde 1991 a la actualidad (2018) orientadas al comercio internacional”. Se crea este artículo que busca ser el antecedente principal para la elaboración de una eco- etiqueta nacional capaz de certificar la calidad ambiental y dotar de mayor competitividad a las empresas argentinas que hoy exportan y de esta manera lograr ser el país líder dentro del MERCOSUR en promover políticas públicas orientadas a una economía verde. Para llevar adelante esta investigación se propone una metodología cualitativa basada en el análisis de contenido de las normas de calidad medioambiental desarrolladas en la UE en lo que atiende al Consumo y a la Producción Sostenible para en un segundo momento identificar las características claves de políticas públicas locales orientadas a la certificación de calidad medioambiental mediante un ecoetiquetado.

2. La Producción y Consumo Sostenible como pilar fundamental del resguardo medioambiental en la Gobernanza Internacional y Regional

Las bases fundamentales sobre las cuales se asienta el cambio necesario para reducir el impacto que la vida humana hace al medio ambiente se vinculan de manera estrecha con dos acuerdos principales sujetos en el escenario de cooperación internacional: la Agenda 2030 para el Desarrollo, suscripto en el año 2016 y el Acuerdo de París sobre Cambio Climático firmado en el año 2015.

Las proyecciones futuras hablan de que para el 2050 la población mundial alcanzará las 9600 millones de personas y si se tiene en cuenta que solo desde el 2000 al 2017 la huella de material per cápita (solo en los países desarrollados) aumento en un 9% es decir en 5 toneladas métricas, los efectos en el medio ambiente son desalentadores para una población que en base a su forma de vida actual necesitará los recursos naturales equivalente a tres planetas [5].

En lo que respecta a la contaminación, el consumo doméstico y comercial de energía representan la segunda área que más rápidamente ha crecido, después del transporte; y en vistas a los hábitos de consumo doméstico de alimentos, “El sector de la alimentación representa alrededor del 30% del consumo total de energía en el mundo y un 22% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero” [5].

Por tal motivo, es que la **Producción y Consumo Sostenible** se encuentra dentro de los 17 objetivos principales fijados en la Agenda 2030, y delegan parte de la responsabilidad del deterioro del planeta a todos las personas que forman parte del ciclo de vida de los productos/ servicios.

Como lo define Sebastina Gillet este término refiere al “uso de servicios y productos que responden a las necesidades básicas, mejoran la calidad de vida y, a la vez, minimizan el uso de recursos naturales y materiales tóxicos así como las emisiones de desechos y contaminantes durante el ciclo de vida del servicio o producto; para así no poner en peligro las necesidades de las generaciones venideras” [6].

El **consumo sostenible** procura satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, mientras el daño ambiental y los riesgos para la salud humana disminuyen. Para lograrlo, deben integrarse una serie de componentes, entre los que se destacan: satisfacción de necesidades; mejora de la calidad de vida; eficiencia en el uso de los recursos; incremento de la participación de las energías renovables; reducción de desperdicios; adopción de una perspectiva de ciclo de vida; y consideración de la equidad [6].

En cuanto a la **producción sostenible**, la misma responde a la necesidad de reducir los impactos, por medio de la aplicación de mejoras en los procesos productivos y en el diseño de los productos lo que pretende optimizar el desempeño ambiental de sectores clave de la economía, ofreciendo los mismos bienes y servicios, o incluso más y mejores [6].

En este sentido la Organización de Naciones Unidas (ONU) desdobra la responsabilidad en los dos actores principales de esta problemática y establece que:

- El **sector privado** puede ayudar a mitigar los efectos ambientales y sociales de los productos y servicios que ofrecen mediante la identificación temprana de los puntos críticos en la cadena de valor que mayormente afectan al medio ambiente. Por otro lado propone que, pueden también potenciar “(...) el poder innovador para diseñar soluciones que puedan inspirar y motivar a las personas a llevar estilos de vida más sostenibles, reduciendo los efectos y aumentando el bienestar” [5].
- El **consumidor** puede reducir el impacto al medio ambiente mediante una consciente disminución de los desechos; y tener un comportamiento reflexivo a la hora de comprar y optar por opciones sostenibles siempre que sea posible.

La Dirigencia Política del más alto nivel de la gobernanza mundial identifica que el camino que salda el conflicto entre la Producción y el Consumo Sostenible se encuentra en la **economía verde** que debe ser comprendido como un modelo de producción integral e incluyente que considera variables ambientales y sociales, porque tiene como objetivo producir bajas emisiones de carbono, utilizar los recursos de forma eficiente y procura ser socialmente incluyente.

Según Melina Campos, una economía verde, no sólo es acertada para economías más desarrolladas, sino que también puede ser un indicador del crecimiento y de erradicación de la pobreza en países en desarrollo. “La transición a una economía verde será muy diferente en cada nación, ya que depende de la configuración específica del capital natural y humano de los países y de su grado relativo de desarrollo” [7]. Lo cual abre la oportunidad a países de América del Sur a comenzar a trabajar en aras de insertarse en el mundo con este nuevo paradigma.

Es importante destacar que tal como lo afirma el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el concepto de economía verde no sustituye al de desarrollo sostenible, sino que es una ruta a tomar para alcanzarlo [8]. El camino, no es igual para todos los países, sino que depende de la situación y perspectivas específicas de cada uno, por lo que no sería correcto establecer instrumentos o programas globales.

Para garantizar el modelo propuesto por la economía verde, una de los principales cambios que deben garantizarse son los que procuran lograr la creación de **mercados verdes** entendidos como “(...) aquellos en cuyos procesos de producción no se afecta el ambiente; productos en cuyo envasado y presentación se utilizan materiales, ya sea reciclados o no contaminantes; estos

productos se promueven intentando hacer conciencia de la urgente necesidad de protección al ambiente” [9].

Por su parte el **comercio verde**, refiere a “los sistemas de suministro sostenibles guiados por los principios del desarrollo sostenible en todas sus facetas:

- (a) La sostenibilidad ecológica (uso y conservación)
- (b) La sostenibilidad económica (productividad)
- (c) La sostenibilidad social (equidad)

Las cuales procuran que el comercio nacional, regional e internacional reporte beneficios a la población local [10]. En la práctica la regulación por parte de los estados se lleva a cabo mediante distintos instrumentos, normas y procedimientos. El que ha sido ampliamente implementado es el de las certificaciones de gestión ambiental en la producción, y comercio de determinados bienes y servicios. Un ejemplo es el del etiquetado ecológico.

Frente al marco internacional, Alicia Bárcena, Secretaria ejecutiva de la CEPAL expuso que América Latina debe trabajar en aras de lograr una gobernanza de los recursos naturales dado que “La sostenibilidad ambiental es impostergable, requiere de amplios acuerdos y plantea desafíos a los patrones de consumo y de producción (...)”. [11]. Entre los aportes más significativos de su trabajo presenta que:

- “No basta con crecimiento económico si este no otorga beneficios sociales y es ambientalmente sostenible.
- “No bastan acciones puntuales contra la degradación ambiental sin un cambio de paradigma en la producción y el consumo” [11].

Antes esta problemática, claramente la región latinoamericana y los procesos de integración que la componen tienen que trabajar arduamente para lograr un proyecto concreto que sienta las bases para el trabajo conjunto sobre la **gobernanza de los recursos naturales** entendida como “el conjunto de políticas soberanas sobre la propiedad, la apropiación y la distribución de las ganancias de productividad para maximizar su contribución al desarrollo con criterios de sustentabilidad e igualdad”. [11].

En este sentido, es interesante considerar cuál es la situación de América Latina frente a la problemática y experiencia en gestión de políticas públicas orientadas al medio ambiente puesto que cuando se crea en 1972 el PNUMA, los países de la región todavía no se encontraban nucleados por ningún proceso de integración con las características de la Comunidad Europea. Recién en 1980 se crea la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) que da cabida a los acuerdos subregionales, plurilaterales y bilaterales y es por tal motivo que a la misma se la concibe como el marco “paraguas” institucional y normativo de la integración regional.

En 1991 mediante la firma y posterior ratificación del Tratado de Asunción por parte de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay se crea el Mercado Común del Sur (MERCOSUR). A pesar de los antecedentes globales en materia medioambiental, en el instrumento jurídico que le da origen, no se encuentra un tratamiento prioritario de la cuestión ambiental, solo en el preámbulo se hace alusión a que los objetivos de la Organización deben lograrse mediante “[e]l eficaz aprovechamiento de los recursos disponibles, la preservación del medio ambiente, el mejoramiento de las interconexiones físicas, la coordinación de las políticas macroeconómicas y la complementación de los diferentes sectores de la economía, con base en los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio”[12].

En este contexto, en 1992 se lleva a cabo la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro, donde se acuerda la Agenda 21 que es un plan de acción que integra las preocupaciones relativas al medio ambiente y al desarrollo. “No se trató de una reunión científica sobre ecología...; fue una reunión política con fuerte contenido económico, donde se discutieron no solamente las formas y métodos para preservar el medio ambiente sino los criterios para asegurar la participación de todos los pueblos en los beneficios que racionalmente pueden obtenerse de los recursos naturales” [13]. Desde entonces, no va a generarse ninguna institución dentro del MERCOSUR dedicada exclusivamente al desarrollo sustentable en general o a una economía verde en particular.

Frente a una gobernanza regional despreocupada se encuentra una presión internacional creciente, principalmente desde la firma del acuerdo mega regional entre el MERCOSUR y la UE. En este contexto, y teniendo en cuenta que el grupo de trabajo que le da origen a este escrito, se especializa en los temas relacionados al Comercio Internacional, se comienza a investigar sobre la interacción a nivel internacional entre el “Comercio y el Medio Ambiente” interacción clave para lograr la ratificación de este acuerdo. Vale mencionar que el 18 de junio bajo la Presidencia pro tempore de Paraguay concluyeron las negociaciones correspondientes al capítulo político y de cooperación del Acuerdo de Asociación Birregional MERCOSUR – UE. Entre los temas más relevantes trabajados se encuentra “la conservación del medioambiente” [14] lo cual nos introduce a justifica el análisis principal del próximo apartado.

2. La ecoetiqueta como instrumento de política pública concreta orientada a la Producción y al Consumo Sostenible

Desde finales del siglo pasado a la actualidad existe una tendencia creciente a la utilización de eco- etiquetas. Si bien algunos analistas consideran que en un primer momento este instrumento comienza a ser utilizado como una ventaja competitiva frente a la competencia dado que se había descubierto que “ (...) la calidad ambiental emp[ezaba] a ser un elemento atractivo para los consumidores y, por tanto, un valor comercial, como lo puede ser un precio más barato o un buen diseño” [15]. La explicación se encontraba en que un sector cada vez mayor de ciudadanos, por educación y conciencia ambiental, tenían este factor como determinante para la elección de sus compras, incluso por encima del precio.

Frente a este panorama, los especialistas en la materia sugieren que “La integración de la calidad ambiental en la utilidad marginal de los productos es sin duda positivo desde el punto de vista de la protección ambiental, en la medida que el incremento de ventas y beneficios permite a las empresas rentabilizar los costes en que pudieran haber incurrido para llegar a ese resultado (investigación, mejora de equipos, reciclado de materiales, etc.). El efecto final sería que, merced a la complicidad de los consumidores, las industrias y los comerciantes lleguen a convertirse en aliados de la lucha por la mejora del medio ambiente” [15] En este sentido se encuentra que la constitución inicial de este instrumento re vinculo de manera estrecha con el análisis de marketing y mercadotecnia del sector privado en vistas a atender un comportamiento de consumidores responsables.

No obstante, la creciente preocupación por el medio ambiente en la gobernanza internacional, trabajada en el apartado anterior, suman una presión externa de gran envergadura para que la alta cúpula política de estados individuales como así también de bloques regionales comiencen a utilizar esta herramienta en aras de proteger el medio ambiente.

En este contexto cabe definir a la **ecoetiqueta** como “marcas o sellos que suministran información sobre bienes y servicios que poseen un comportamiento ambiental respetuoso, y estimulan su comercialización. Si bien todo producto genera cierta presión sobre el medio ambiente, su presencia indica que el impacto ambiental ha sido reducido respecto a otros similares existentes en el mercado”[6].

Adherirse o no a esta certificación es un procedimiento voluntario, aquellos interesados solicitan su acreditación y control para obtener una etiqueta (ecoetiqueta), que garantiza que ya sea el producto o los procedimientos desarrollados para su creación, cumplen con un conjunto de criterios que hacen que su impacto medioambiental sea menor a lo normal en su categoría de producto.

2.1 El ecoetiquetado como instrumento de protección medioambiental en la Unión Europea

El trabajo continuo de la UE desde 1973 a la actualidad pone a este bloque regional como el principal actor que dentro de la sociedad internacional ha trabajado en aras de lograr mediar entre las necesidades del mercado y el cuidado del medio ambiente.

En este sentido el trabajo del bloque se ha centrado en seis “*Environmental Action Programmes*” y documentos estratégicos que trabajan sobre la percepción contemporánea de los problemas ambientales y sus posibles soluciones. En este marco en el primero de esos programas se declara que la prosperidad, el crecimiento económico y la protección al medio ambiente son todos temas interdependientes [16].

Si bien el trabajo de la UE al respecto fue creciendo progresivamente, es a partir de la década de los años noventa del siglo pasado cuando se lleva a cabo un boom en el tratamiento de esta problemática dentro de la UE y se crea un marco jurídico renovado en torno a el mejoramiento de la calidad del agua y del aire, el control de la emisión de dióxido de carbono mediante cuotas máximas por país, el resguardo del medioambiente como derecho humano mediante los Tres Pilares de Aarhus: (1) libertad a la información, (2) derecho a la participación y (3) acceso a la justicia. Y por último pero no menos importante, la implementación de las eco-etiquetas.

En 1992 se establece la primera ecoetiqueta regional “*The UE Ecolabel of environmental excellence*” que se encuentra orientada a certificar productos y servicios que cumplen con altos estándares dentro de su ciclo de vida. Desde la extracción de las materias primas, hasta la producción, distribución y su descarte.

El objetivo principal es promover la **economía circular** para así garantizar la reducción de desechos contaminantes y de dióxido de carbono. Este proyecto se enmarca en la idea principal de que el bloque regional es el que debe guiar, liderar y promover que las empresas trabajen en aras de conseguir practicas eco amigables para crear productos duraderos en el tiempo, y fáciles de reparar y reciclar [17]

La característica fundamental de esta ecoetiqueta es que se encuentra sujeta a la decisión voluntaria de productores, exportadores y distribuidores para etiquetar sus productos o servicios. Es

en función del producto o actividad que se crean los criterios de valoración y reducción de la contaminación. Es decir cada producto presenta su especificidad y por tanto la Comisión Europea trabaja de manera conjunta con aquellos sectores (productores o locatarios) para analizar las características del producto o servicio final y así incluir el procedimiento correspondiente para minimizar las externalidades negativas que lleva a cabo en la comunidad. Por tal motivo tal como lo especifican distintos especialistas en la materia la eco etiqueta otorga la certificación de una ventaja ambiental relativa al producto y no la inocuidad del mismo [18].

Es importante destacar que si bien en la actualidad la ecoetiqueta europea coexiste con otras de origen nacional como ser la de Alemania, Francia, Holanda, Austria o la de los países escandinavos. Lo deseado es que una vez que la comunitaria adquiera mayor peso y trascendencia se sobreponga a las demás y aquellas desaparezcan para crear un solo criterio que permita mayor transparencia e información para los consumidores.

Como se mencionó con anterioridad la certificación depende de cada producto o servicio y existe un entramado burocrático para que la otorguen, no obstante lo interesante es considerar cuales son los aspectos centrales sobre los cuales se trabaja:

- Importancia de los residuos,
- Contaminación y degradación del suelo,
- Contaminación del agua,
- Contaminación atmosférica,
- Ruido,
- Consumo de energía,
- Consumo de recursos naturales, y
- Repercusiones en los ecosistemas.

Cada uno de estos parámetros ambientales se analiza en función de cada una de las etapas del ciclo de vida del producto:

- Fase previa a la producción
- Producción
- Distribución
- Utilización
- Eliminación

Teniendo en cuenta la modalidad implementada por la UE en base a algunos de los aspectos centrales que han sido presentados sobre las ecoetiquetas, y considerando la extensión máxima de este trabajo. A continuación se presenta el último apartado destinado a analizar la experiencia del Mercosur y de Argentina en particular.

3. Experiencia MERCOSUR – Argentina frente al marco de integración estratégica con la UE

En el año 2001 en Asunción se crea el Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del Mercosur, que según Mata Diz [22] “representa un avance singular en favor de una reglamentación común sobre el medio ambiente en la región. Este acuerdo ya se encuentra debidamente incorporado por Argentina (Ley N° 25841 del 26/11/03), Brasil (Decreto N°5208 del 20/09/04), Paraguay (Ley N° 2068/03 del 28/01/03) y Uruguay (Ley N° 17712 del 19/12/2003)”.

Al margen de los avances normativos que se realizaron, los estados parte del Mercosur presentaban que no podían afianzar una economía verde dada su condición de país en vías de desarrollo. En este sentido se cita nuevamente a Mata Diz [22] que explica que los objetivos de las políticas públicas y las normativas del bloque, está supeditado a:

“a) [La] promoción de la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos disponibles mediante la coordinación de políticas sectoriales, sobre la base de los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio.

b) [La] incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales e inclusión de las consideraciones ambientales en la toma de decisiones que se adopten en el ámbito del Mercosur para el fortalecimiento de la integración.

c) [La] promoción del desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos, evitando la adopción de medidas que restrinjan o distorsionen, de manera arbitraria o injustificada, la libre circulación de bienes y servicios en el ámbito del Mercosur.”

Frente al desafío de coordinar, fortalecer y evitar la adopción de medidas que restrinjan o distorsión en el proceso de integración suscrito, el bloque empieza a incorporar políticas medioambientales relacionadas con la promoción del desarrollo sostenible y específicamente trabaja en el área de Producción y Consumo Sostenible (PyCS).

Para lograr dicho objetivo el bloque debería guiarse por el artículo 6 del Acuerdo Marco que establece la imbricación entre procesos productivos y medioambiente hasta la adopción de

mecanismos que promuevan la innovación y el diseño ecológico, la educación eco ambiental y la cooperación e intercambio de experiencias entre los estados [22].

El mayor desafío que encuentra la producción y el consumo sustentable, se haya en lograr un sistema de eco- etiquetado regional. Para poder cumplir con ese objetivo, los países miembros deben trabajar en los problemas actuales que detienen los avances en esta materia.

Uno de los primeros problemas radica en la falta de coordinación de los gobiernos. Si bien, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay han encarado las negociaciones multilaterales ambientales de forma individual, no logran coordinar sus posiciones, y menos aún, consolidar una voz regional, aspecto clave para posicionarse a escala internacional como bloque.

En la política interna de cada uno de los estados partes, según Gudynas [23] se encuentra que los países poseen un marco institucional pobre y agrega que existe una retórica en el discurso de éstos sobre la economía verde, marcada por una disociación existente entre las demandas internacionales y la gestión medioambiental local.

Si se hace un análisis de política comparada sobre los cuatro países que forman parte de este proceso de integración, se encuentra que Brasil es el estado más avanzado en cuanto a sistemas de eco-etiquetado, ya que posee el Rótulo ABNT Qualidade Ambiental en funcionamiento. En el resto de los países los mismos tienen que acceder a dichos estandartes mediante la contratación de empresas privadas que evalúan sus procesos productivos a un alto costo.

En el marco del reciente “Acuerdo Histórico de Asociación Estratégica entre la Unión Europea y el MERCOSUR” firmado el 28 de junio del 2019 se suma un elemento más que requiere del trabajo y compromiso de los países del Mercosur en lograr certificaciones de eco- etiquetado puesto que uno de los puntos sobre los cuales los grupos opositores al acuerdo en Europa sientan sus motivos, se encuentra en la repercusión que los productos provenientes del Mercosur pueden generar en la salud de los ciudadanos europeos puesto que no cuentan con los mismos estándares de calidad.

Frente a este panorama existe una real desventaja puesto que no hay certificaciones de calidad propias del MERCOSUR que garanticen el cumplimiento y control de calidad de los procesos productivos de los bienes agropecuarios e industriales, lo cual es una gran deuda del MERCOSUR para los sectores dedicados al comercio exterior, dado que el alto costo de las certificaciones de calidad internacionales repercute de manera directa en la accesibilidad a mercados externos, lo cual se traduce en barreras paraarancelarias difíciles de sortear.

4. CONCLUSIONES

El presente trabajo pretende continuar con la línea de trabajo del Proyecto de Investigación “Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente” y procura seguir investigando acerca de la posibilidad de establecer un proceso de ecoetiquetado a nivel nacional y mucho más ambicioso, regional.

Se considera que el trabajo minucioso y dedicado del cuerpo diplomático del MERCOSUR que sigue negociando el acuerdo para lograr de manera efectiva la ratificación del tratado de libre comercio con la UE va a tener que tarde o temprano comenzar a gestionar políticas públicas capaces de garantizar el cuidado del medio ambiente.

Sin un trabajo fino y comprometido en esta área será prácticamente imposible que los países miembros del bloque occidental apoyen el proyecto y por tanto veinte años de trabajo continuo corren el riesgo de ser desechados por la falta de proyección y planificación interna.

En este sentido el único país no desarrollado que actualmente cuenta con este tipo de eco etiquetados actualmente (2020) es Brasil, experiencia que puede ser utilizada para lograr la incorporación de un instrumento similar en la región.

5. REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas Argentina. 2016). “*El compromiso de Argentina con el medio ambiente es un ejemplo para la región*”. Noticias. Enfloce Wordpress Theme. Sin datos. Disponible en: <https://www.onu.org.ar/el-compromiso-de-argentina-con-el-medio-ambiente-es-un-ejemplo-para-la-region/>
- [2] Ohliger, Tina (2018). “La política de medio ambiente: principios generales y marco básico”. Fichas técnicas sobre la Unión Europea. Parlamento europeo, p. s/d. Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/71/la-politica-de-medio-ambiente-principios-generales-y-marco-basico>
- [3] Servicio de Información Comunitaria sobre Investigación y Desarrollo (2000). “ENV- ENVAP 1C - Programa de acción (CECA, Euratom, CEE) en materia de medio ambiente, 1973-1976. Cordis. Comisión Europea. Disponible en: https://cordis.europa.eu/programme/rcn/239_es.html

- [4] VII PMA– Programa General de Acción de la Unión en Materia de Medio Ambiente hasta 2020 (s/d). “Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta”. Comisión Europea. Disponible en:
<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/es.pdf>
- [5] Organización de Naciones Unidas (2020). Objetivo 12: Garantizar modalidad de Producción y Consumo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin datos. Disponible en:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- [6] Guillet, Sebastian (2014). “Eco etiquetado en el Mercosur: Potencialidades del enfoque regional de modalidades de producción y consumo sustentable”. Universidad de Buenos Aires. Disponible en:
http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-0534_GilletS.pdf
- [7] Campos Melina (2011). Economía verde. Éxito empresarial 151, P. 1-4.
- [8] Mera & Palacios (2003). La industria española y el etiquetado ecológico. Boletín económico de ICE, Información Comercial Española, p. 13-22.
- [9] González Rodríguez, Consuelo (2011). “Empresas socialmente responsable y mercado verde internacional”. Economía Informa núm. 366 enero-febrero, p. 59.
- [10] Durbeck, Klaus. “Las organizaciones de comercio verde: Un esfuerzo para conseguir beneficios justos del comercio de productos forestales no madereros”. Organizaciones de comercio verde, p. s/d. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s04.htm>
- [11] Barcena, Alicia (2015). “Desafíos para una gobernanza ambiental global y regional”. CEPAL. México. Disponible en:
https://www.cepal.org/sites/default/files/presentation/files/170216_clausura_diplomado_unam.pdf
- [12] 1º Cumbre de la Tierra Estocolmo
- [13] Ohliger, Tina (2018). “La política de medio ambiente: principios generales y marco básico”. Fichas técnicas sobre la Unión Europea. Parlamento europeo, p. s/d. Disponible en:
<http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/71/la-politica-de-medio-ambiente-principios-generales-y-marco-basico>
- [14] Mercosur (2020). “Concluyeron las negociaciones de carácter político y de cooperación del acuerdo MERCOSUR-UE”. Consultado el 28.08.2020. Disponible en:
<https://www.mercosur.int/concluyeron-las-negociaciones-de-caracter-politico-y-de-cooperacion-del-acuerdo-mercosur-ue/>
- [15] Hey, Christian (s/d). “Eu environmental Policy Handbook”. Comisión Europea. Disponible en:
<http://www.businessperformance.org/sites/default/files/EU%20Policy%20Handbook%20.pdf>
- [16] European Commission. Environment. Disponible en:
<https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/criteria-development-and-revision.html>
- [17] Delgado Piqueras, Francisco (s/d). “Ambiente y Comercio: la ecotiqueta europea”. Medio Ambiente y Derecho. Universidad de Castilla- La Mancha. Disponible en:
https://huespedes.cica.es/gimadus/01/AMBIENTE_COMERCIO.htm
- [18] MATA DIZ, JAMILE B. (2015–16). La normativa medioambiental del Mercosur. Papeles del Centro de Investigación, p. 69 – 102.
- [19] ComAmbiental. “Eco-etiquetas para el consumo responsable”. Sin datos. Disponible en:
<http://www.comambiental.com.ar/2011/07/eco-etiquetas-para-el-consumo.html>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Decano Ing. Rubén Soro, al Vice Decano y Director del Departamento de Ingeniería industrial Ing. Jorge Abet y al Secretario de Ciencia y Técnica de la UTN – FRC Ing. Jorge Jazni por el apoyo y promoción constante a la investigación como motor principal de la producción de conocimiento.

Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires

Mg. Ing. Lucas Damián Herrero

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Haedo, Buenos Aires, Argentina
herrerolucas@hotmail.com*

RESUMEN.

Generamos una metodología de evaluación de impacto ambiental del transporte en AMBA, para así actuar reduciendo sus efectos mediante la aplicación de las acciones y políticas ambientales apropiadas, y verificar el verdadero impacto de las mismas.

Nos centraremos en el análisis de la calidad de aire y sus relaciones causa-efecto con distintos factores. La idea es analizar los principales factores de contaminación, cuantificando las relaciones causa-efecto, y cruzando con recursos y necesidades, para, que luego de este análisis, plantear diferentes alternativas de acciones destinadas a minimizar los efectos contaminantes que actúan empobreciendo la calidad del aire.

Esto es para generar acciones estratégicas que minimicen el fracaso de las mismas. Hoy día existe información sobre las mediciones de contaminación en AMBA.

La metodología no solo apunta a la comparación con los estándares internacionales, sino también a sistematizar el cálculo de los costos requeridos para lograr tales niveles, en caso de no alcanzarlo, y calcular la desviación en distintos escenarios, realizando una estimación de las ganancias de descontaminar. Se compararán los beneficios sobre la salud, o estrategias destinadas a mejorar la calidad del aire a partir las soluciones a analizar bajo esta metodología.

Este trabajo se realiza en cooperación con Litro de Luz Argentina, Ganador del Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Palabras Claves: metodología; medio ambiente, impacto, transporte, Ciudad de Buenos Aires.

ABSTRACT

We generate a methodology for evaluating the environmental impact of transportation in AMBA, in order to act reducing its effects by applying the appropriate environmental actions and policies, and verifying their true impact.

We will focus on the analysis of air quality and its cause-effect relationships with different factors. The idea is to analyze the main pollution factors, quantifying the cause-effect relationships, and crossing with resources and needs, so that, after this analysis, propose different alternative actions aimed at minimizing the polluting effects that act impoverishing air quality .

This is to generate strategic actions that minimize their failure. Today there is information on pollution measurements at AMBA.

The methodology not only aims at comparing with international standards, but also at systematizing the calculation of the costs required to achieve such levels, if not reached, and calculating the deviation in different scenarios, estimating the gains from decontaminating . The health benefits or strategies aimed at improving air quality will be compared based on the solutions to be analyzed under this methodology.

This work is carried out in cooperation with Litro de Luz Argentina, Winner of the Green Latin America Award - Sustainable Cities 2019.

Keywords: methodology; environment, impact, transportation, City of Buenos Aires

1. INTRODUCCIÓN

Establezcamos el concepto de contaminación. Se trata de la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos tóxicos que afectan tanto la salud humana y su calidad de vida como el funcionamiento natural de los ecosistemas.

Si bien a partir del 2016 se empezó a trabajar en un nuevo Código Urbanístico porteño, hay que pensar que hay un tema que en la Ciudad de Buenos Aires no podemos pasar por alto.

La contaminación del aire causa en nuestro país casi 15.000 muertes cada año. La mayor parte de las muertes se debe a cardiopatías isquémicas, es decir, a la interrupción de la circulación de las arterias que nutren de sangre al corazón y que puede conducir al infarto.

Los datos son de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en su página interactiva “Breathlife” permite medir on-line el nivel del particulado dañino en 3.000 ciudades del mundo, entre éstas, Buenos Aires, arrojando un dato preocupante “14,763 Annual Deaths from air pollution”. La Capital Federal de la Argentina muchas veces arroja niveles por encima de un 40% de aire respirable considerado seguro por la OMS.

La contaminación ambiental abarca un amplio espectro, que involucra al aire (ya sea con productos y/o sonora), al agua y al suelo. Las fuentes principales de donde provienen los agentes contaminantes antropogénicos son las fuentes móviles y las fijas. Las primeras la conforman los vehículos de motor que funcionan con distintos tipos de combustibles derivados del petróleo y las segundas son las industrias, con sus diferentes producciones, incluyendo las plantas productoras de energía.

En cuanto a la contaminación del aire o atmosférica, que es el caso a estudiar, nos basaremos en la quema de combustibles fósiles por el parque automotor de la Ciudad de Buenos Aires.

Es tan importante el tema de la conservación ambiental que desde hace más de 30 años la preocupación ya ha tomado connotaciones mundiales. En estos últimos tiempos se está convirtiendo en uno de los objetivos fundamentales de la humanidad. La prueba está en los foros mundiales que se realizaron en Río de Janeiro en 1992, en Tokio en 1997 y en Porto Alegre en 2003. Los casos de China y México DF fueron casos de estudio en estos foros.

La Ciudad de México es considerada una de las ciudades más contaminadas del planeta. La contaminación es un gran problema que aumenta día a día y que afecta a sus habitantes y al medio ambiente. Comenzó aproximadamente en los años setenta y ochenta y continuó aumentando progresivamente hasta la actualidad. Hasta ahora no ha habido ninguna solución que acabe con el problema.

Los vehículos son una de las fuentes más importantes de contaminantes del aire en la Ciudad de México por eso la Secretaría del Medio Ambiente cuenta con dos programas para asegurar que los vehículos que circulan en la Ciudad de México tiendan a una menor emisión posible de contaminantes. Estos programas son “verificación vehicular” y “el hoy no circula”.



Figura 1: Smog en el fondo de la ciudad de México.



Figura2: Smog en el fondo de la ciudad de Buenos Aires

La falta de políticas de prevención y control ambiental se refleja en la ciudad de Buenos Aires, que se ubica entre las ciudades que registran una contaminación que puede ser perjudicial para la salud.

El nivel de las partículas contaminantes PM 2,5, conocidas como finas porque son las más pequeñas y por ende más nocivas, ya que pueden penetrar directamente en los pulmones. Las altas concentraciones de estas partículas finas se asocian con un gran número de muertes causadas por infartos y ataques cerebrales.

El aire porteño excede el nivel que la OMS considera "razonable": lo aceptable para el organismo es que haya una media anual de hasta 10 microgramos por metro cúbico, pero en la ciudad Buenos Aires está en 16.

CABA tiene una menor cantidad de partículas contaminantes que Quito, Asunción, San Pablo, Caracas, México DF, La Paz, Santiago de Chile; Bogotá y Río de Janeiro, aunque mayor cantidad que Guadalajara y San José de Costa Rica, si se toman algunas de las grandes ciudades de la región.

"Muchos centros urbanos están actualmente tan envueltos en aire sucio que la silueta de sus edificios es invisible", lamentó Flavia Bustreo, directora general adjunta de la OMS, quien destacó el peligro de este aire para la salud.

A través de un comunicado se señaló que "la contaminación del aire está empeorando". Y la directora de Salud Pública en la OMS, María Neira, sentenció "La situación es dramática".

Lo que nos lleva a pensar ¿Cómo es la exigencia de normativa en Argentina en relación con los demás países?

Teóricamente, en una combustión perfecta, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire y el resultado es la producción de calor, luz, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O). Pero las impurezas del combustible agregado a una imperfecta relación de la mezcla del aire y el combustible y/o con temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, causan la formación de agentes contaminantes del aire tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado en suspensión (MPS), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros tales como los aromáticos (benceno, tolueno y xileno) de los cuales aún no se tienen medidas de las emisiones y son contaminantes peligrosos para la salud.

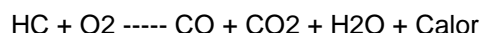
La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diésel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO_x SO₂ CO pm CO₂ y H₂O e hidrocarburos. Si se quemara todo el combustible y este no tuviera impurezas, las únicas emisiones serían anhídrido carbónico, no tóxico, oxígeno y agua.

La relación teórica aire gasolina que la quemaría toda es 14,7:1 y esa es la relación que usa un convertidor catalítico de gasolina porque el diésel siempre tiene aire en exceso por eso no reduce los NO_x.

Combustión completa:



Combustión incompleta:



Por otro lado también contribuye a la contaminación del suelo, debido a los residuos de las llantas en los pavimentos.

Existen estadísticas de distintas partes del mundo que señalan los porcentajes de contaminación donde se pone de manifiesto cuál es la participación de las distintas actividades humanas en las emisiones al aire de productos tóxicos. En general en las ciudades, el principal responsable de la pérdida de calidad del aire lo constituyen las fuentes móviles, con una cifra que oscila entre el 75% y 80% del total de la contaminación. Conviene destacar que estas fuentes móviles contribuyen con más del 70% del monóxido de carbono (CO), con más del 50% de los hidrocarburos (HC) y con alrededor del 45% de los óxidos de nitrógeno (NO_x) del total que emite al aire cada una de las fuentes contaminantes.

2. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE

A través de la inhalación de los dos tipos de partículas, gruesas (PM₁₀) y finas (PM_{2.5}) se acumulan en el sistema respiratorio y produce efectos nocivos sobre la salud. La exposición a las partículas gruesas provoca un agravamiento de las vías respiratorias especialmente a los que tienen asma. Las partículas finas también están asociadas a este tipo de problemas. Se traduce en incrementos en las admisiones hospitalarias y en las visitas de emergencia a los consultorios, en enfermedades de corazón y de pulmón, malestares crecientes en los síntomas respiratorios, deterioro y cambios en la función pulmonar que pueden provocar la aparición de muerte prematura. Los grupos de personas con mayor riesgo de padecer tales efectos son los ancianos, los niños y aquellos individuos con problemas cardiopulmonares tales como el asma.

La mayoría de los efectos nocivos provocados en la salud surgen de las partículas finas y ultrafinas (PM2.5 y PM1) que provienen de fuentes primarias y procesos secundarios por suma e interacción con otros gases contaminantes como se dijo más arriba. Estas partículas finas permanecen por mucho tiempo flotando en el aire y al aspirarse, endurecen las ciliar (velocidad que sirve de filtro en las vías respiratorias) por lo que pasan directamente, intensificando el daño.

El monóxido de carbono es inodoro e incoloro y en altas concentraciones es un gas venenoso. Se origina cuando el carbón que está en el combustible, no se quema completamente. Es un componente de los escapes de los vehículos motorizados. Contribuye con alrededor del sesenta por ciento de todas las emisiones de CO. Las mayores concentraciones de este gas se producen en áreas de fuerte congestión de tránsito, especialmente en las ciudades con un porcentaje más alto aún. Los problemas se agudizan cuando se forman los picos de concentración. Estos ocurren típicamente en los meses fríos del año porque las emisiones de los vehículos son mayores y en los momentos en que se generan las condiciones de inversión, donde el aire contaminado es atrapado cerca de la superficie del suelo, debajo de una capa de aire caliente. Este fenómeno es más frecuente que se produzca en la noche.

El monóxido de carbono entra en la corriente sanguínea a través de los pulmones y reduce el oxígeno liberado por los órganos y tejidos del cuerpo. Tiene una alta capacidad de reacción con la hemoglobina, y afecta el transporte de oxígeno al corazón, músculos y cerebro. Con bajos niveles de concentración, quienes están susceptibles de sufrir afecciones son las personas que sufren de enfermedades coronarias. En altas concentraciones y con altos niveles de exposición el CO afecta también la salud de gente sana. Además, genera mayores admisiones hospitalarias, efectos negativos en la conducta, en el desarrollo mental y en las circunstancias perinatales. También produce otros efectos nocivos cardiovasculares.

3. METODOLOGIA

La metodología debe estructurarse con base a la caracterización y evaluación del sistema automotor de Ciudad de Buenos Aires, debe partir un poco de la tomar en cuenta la ausencia de una estrategia de ordenamiento logístico. De esta manera, la metodología que se desarrolla responde a la necesidad de proponerle a la ciudad un modelo de ordenamiento logístico de carácter indicativo. Si bien la metodología puede empezar a estructurarse con la caracterización y evaluación del sistema logístico de la ciudad la realizaremos sin tomar en cuenta esta premisa, y solo como una mera metodología de estudio de impacto.

Lo primero que tomaremos en cuenta es lo referente a la LEY N° 1356/04 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, sobre "Calidad Atmosférica", tomando el Artículo 34 *"La Autoridad de Aplicación debe implementar un programa de monitoreo permanente, continuo y sistemático de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, que permitan conocer la variación de la concentración o nivel en el tiempo para las zonas que se determinen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los datos provenientes del mismo deben publicarse en forma trimestral como máximo, en el Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la página de Internet del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El programa de monitoreo permanente de contaminantes debe incluir criterios sobre la calidad de los datos, métodos de referencia validados internacionalmente para muestreo y análisis de contaminante"*

Esto claramente pone hacedor de los programas de monitoreo al estado, por lo cual podríamos decir que no tienen sentido lo que pongamos ya que es de responsabilidad pública, pero no es esta la idea de esta metodología. La idea es el poner en conocimiento las distintas metodologías, y comparar con las utilizadas actualmente, para validarlas, o poder presentar los organismos competentes.

Si queremos partir de una metodología valedera, partiremos de los 4 puntos de medición de calidad de aire que existen hoy día (La Boca, Centenario, Recoleta, Palermo) que mide:

- CO (Monóxido de Carbono en PPM - partes por millón, promedio de las 8 horas anteriores)
- NO2 Dióxido de Nitrógeno (en PPB - part per billion - miles de millones) - Promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- PM10 Material Particulado respirable menor a 10 micrones (en µg/m3 – microgramo por metro cúbico) - Promedio móvil 24 horas - promedio 24 horas anteriores

Se deberá también analizar cuáles son los periodos de tiempo, y bajo qué condiciones climáticas, se realiza la mayor concentración de material nocivo.

Los pasos propios de la metodología de estudio que se propone será:

- **Selección de la zona de estudio:** Para la selección de la zona de estudio se realizará un análisis sobre las rutas y en basándonos en la época del año y condiciones climáticas, se analizará el nivel de contaminación atmosférica que en él se produce debido al tráfico vehicular.

Alto a tener en cuenta es la Estabilidad atmosférica. Para la evaluación de las condiciones de estabilidad en la zona de estudio se utilizarán los datos meteorológicos. Estos datos se procesarán para obtener la distribución conjunta de velocidad y dirección del viento por estabildades, utilizando la variabilidad en la dirección del viento (σ_q).

- **Selección de los puntos de medición para las variables ambientales:** Luego de seleccionar la zona de estudio, se seleccionarán los posibles puntos de medición para las variables ambientales más significativas (monóxido de carbono; y partículas PM10 y PM2.5). Se analizarán estos factores por ser los más nocivos.
- **Estimación de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base mediciones históricas, y al modelo que se adapte, se realizará una estimación teórica de contaminantes.
- **Estimación de la calidad del aire en la zona de estudio:** Tomando en cuenta el punto anterior, las condiciones climáticas y épocas del año.
- **Medición de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base a estas estimaciones, se determinarán los periodos de criticidad para hacer las mediciones.
- **Concentración de contaminantes en la zona de estudio:** Utilizando los protocolos y normativas de la zona a analizar. En nuestro caso CABA. Pudiendo utilizar como referencia el Estudio de Partículas Suspendidas en ambiente de trabajo según Art 61, Anexo III, Dec 351 y Anexo IV, Resolución 295/03, y/o lo referido a las leyes N° 123/98 y N° 1356/04 de Ciudad de Buenos Aires.
- **Modelación de la calidad del aire en la zona de estudio:** se podrá implementar del software Breeze de modelación de la calidad de aire para material particulado. Y modelación de la calidad del aire con el modelo de dispersión CALPUFF ó AERMOD.

3.1. costos medioambientales

También se tendrá que establecer un procedimiento que permita la gestión de los costos medioambientales que satisfaga las necesidades de la investigación, fundamentalmente en el proceso de toma de decisiones para las futuras mejoras a proponer.

- Valorar el estado de la ciencia sobre la contabilidad de gestión medioambiental y la necesidad de su aplicación.
- Definir elementos, requisitos y procedimientos para el diseño y validación del procedimiento para la gestión de los costos medioambientales.
- Validar el procedimiento diseñado en base a los modelos de estimación y medición.

4. CONCLUSIONES

La Ciudad de Buenos Aires requiere de una metodología para estudio de impacto ambiental en el plan integral de transporte, que contemple todos los aspectos de la vida de la población con sus necesidades de movilidad y accesibilidad para desarrollar eficientemente sus actividades (socio-cultural, económico, educacional, recreativo, de salud, etc) en un ambiente descontaminado. Es decir, el sistema debe estar al servicio de la población, sin externalidades que la afecten negativamente.

Esto permite simular el verdadero impacto de la instrumentación de luminarias solares en las grandes urbes, tomando en cuenta que las luminarias de Litro de Luz Argentina, al ser reemplazo de luminarias públicas de similares características en la prestación, disminuye 200Kg de carbono en base a la alimentación por generación eléctrica por combustibles fósiles. Esta demostración fue parte de la investigación realizada por dicha Asociación para lograr el Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Es deber de nosotros, los profesionales de la ingeniería, estudiar y proponer alternativas de mejoras a los organismos responsables, no por un simple deber laboral, sino por un deber cívico y de honor, que debemos poner nuestro conocimiento para mejorar la calidad de vida de los demás.

REFERENCIAS:

Conesa Fernández, Vicente. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Mundi Prensa, Madrid.

Corea y Asociados, S.A. (2008) Manual para la elaboración Términos de Referencia de Estudios Ambientales. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), División General de Planificación.

Decreto Ejecutivo 76-2006. (2006) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. República de Nicaragua.

Espinoza, Guillermo. (2005) Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo, BID Centro de Estudios para el Desarrollo, CED Santiago Chile.

Hunt, David. (1996). Sistemas de Gestión Medioambiental. Editorial McGraw Hill.

Rafael Cal y Mayor (2008) Ingeniería de Tránsito “Fundamentos y Aplicaciones”. James Cárdenas G. Alfaomega, 8va. Edición.

Cádiz Deleito, J.C. (1994): “El transporte y la contaminación. Posibles estrategias y soluciones”, Ciudad y Territorio, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

Azqueta Oyarzun, Diego (1994) “Valoración económica de la calidad ambiental”, McGraw-Hill, Madrid.

Bullaude, Andrés (2001), “Información general. Contaminación del aire.” (Dirección de Saneamiento y Control Ambiental, Gobierno de Mendoza)

Chaparro, Juan (2000) “Planeación estratégica en ciudades: un modelo emergente para el Estado de México. Toluca, México” Instituto de Administración Pública del Estado de México.

Güell Juan Manuel (2006) “Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos” Barcelona, Reverté.

OECD - Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages. Summary of the OECD report, delivering the goods-21st century challenges to urban goods transport, Logistics System For Sustainable Cities, Madeira, Elsevier

BESTUFS (2007). Guía de buenas prácticas sobre el transporte urbano de mercancía.

UK Round Table on Sustainable Development. Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, London, UK, Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, 2007.

“Educación - Gestión - Energía” Gestión Integral de Una Solución

Mg. Ing. Lucas Damián Herrero

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Haedo, Buenos Aires, Argentina
herreroLucas@hotmail.com*

RESUMEN.

En muchas poblaciones de Argentina, el tendido eléctrico se hace inviable, esto trae problemas sociales y de desarrollo en las comunidades, la falta de acceso a iluminación pública y de calidad genera inseguridad y falta de oportunidades.

Una de las cosas que se suele decir de la falta de iluminación, tanto en los hogares como en el exterior es que “acorta el día”, relegando las tareas cotidianas solo a los momentos de luz solar. También vemos como una gran problemática la deficiente iluminación en las casas, lo que genera desde falta de higiene, hasta de desarrollo propio. Hagámonos esta pregunta ¿Cómo hace un niño para estudiar sin luz? ¿Cómo hacen con el aseo personal? Como vemos, la luz es muy importante en varios aspectos.

Por eso, nuestro trabajo se basa en analizar las soluciones desde 3 puntos vitales: "Educación - Gestión - Energía", una solución no destinada a apuntar a estos 3 pilares, y sin tener en cuenta el impacto que se debe lograr, podría funcionar, pero siendo muy poco eficiente.

Programas de salud, higiene y sanidad, deben ser transversales a los programas de desarrollo y educación, porque una comunidad enferma, no podrá ser sostenible.

Este trabajo se realiza en conjunto con Litro de Luz Argentina, Ganador del Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Palabras Claves: Educación, Gestión, Energía, Gestión, Integral

ABSTRACT

In many populations of Argentina, the electricity supply becomes unfeasible, this brings social and development problems in the communities, the lack of access to quality public lighting generates insecurity and lack of opportunities.

One of the things that is often said about the lack of lighting, both in homes and abroad is that it “shortens the day”, relegating daily tasks only to moments of sunlight. We also see poor lighting in houses as a big problem, which generates everything from poor hygiene to self-development. Let's ask ourselves this question: How does a child study without light? How do they do with personal hygiene? As we see, light is very important in several aspects.

For this reason, our work is based on analyzing solutions from 3 vital points: "Education - Management - Energy", a solution not intended to target these 3 pillars, and without taking into account the impact that must be achieved, it could work, but being very inefficient.

Health, hygiene and sanitation programs must be transversal to development and education programs, because a sick community cannot be sustainable.

This work is carried out in conjunction with Litro de Luz Argentina, Winner of the Green Latin America Award - Sustainable Cities 2019.

Keywords: Education, Management, Energy, Management, Comprehensive

1. INTRODUCCIÓN

En muchas poblaciones de Argentina el tendido eléctrico se hace inviable, esto trae problemas sociales y de desarrollo en las comunidades, como la falta de acceso a iluminación pública y de calidad, lo que genera inseguridad, violencia intrafamiliar, mayor analfabetismo y menor desarrollo social. Es un círculo de pobreza que genera una no disponibilidad del acceso a los recursos, en este caso, luz eléctrica.

El 13% de la población mundial aún no tiene acceso a la electricidad. Los organismos internacionales alertan de que el planeta no está en la ruta para cumplir los objetivos de energía sostenible en 2030.

En Argentina, los números están en la misma escala, a eso debemos agregar los hogares con precarias conexiones eléctricas inseguras y barrios sin iluminación pública. Hay más de 4 mil villas que en conjunto ocupan una superficie más grande que toda la Ciudad de Buenos Aires. La estadística surge de un informe realizado por el gobierno nacional y diversas organizaciones sociales: más de 3 millones de personas viven en asentamientos de emergencia (aproximadamente 800.000 familias).

Una de las cosas que se suele decir de la falta de iluminación, tanto en los hogares como en el exterior es que “acorta el día”, relegando las tareas cotidianas solo a los momentos de luz solar. También vemos como una gran problemática la deficiente iluminación en las casas, lo que genera desde falta de higiene, hasta de desarrollo propio. Hagámonos esta pregunta ¿Cómo hace un niño para estudiar sin luz? ¿Cómo hacen con el aseo personal? Como vemos, la luz es vital.

Eso es lo que vemos como problema puntual, pero también tenemos que tomar en cuenta a los conocer, identificar su comportamiento, saber qué los mueve y que los frustra a nuestros 3 grupos que interactúan en el proyecto, que son los que quieren ayudar, quienes necesitan ayuda, y quienes quieren aprender a ayudar.

El propósito de Litro de Luz Argentina, sistema que vamos a analizar bajo la metodología CMBAS, es facilitar el acceso a energías limpias, para romper ese círculo vicioso que provoca inseguridad, violencia y desigualdad. Trabajando como nexo y en conjunto entre las comunidades, estado y empresas (cooperación y asesoramiento) para brindar luz solar asequible y sostenible en el tiempo a personas con acceso limitado o nulo a la electricidad. Nuestro propósito es lograr una sinergia tal que se cree un marco para trabajar hacia lo sostenible y multidisciplinario en una comunidad sustentable.

2. PROPUESTA DE VALOR:

Desde Litro de Luz Argentina se marca que “Nuestra propuesta de valor es compartir las historias y nuestros proyectos”

Esto se debe a que las comunidades tienen una historia, la gente tiene su historia, y tiene que formar parte de la solución. Tiene que apropiarse de esa solución. Cada voluntario y cada socio estratégico que tenemos por proyecto (empresa, estado, etc) tiene una motivación y una historia.

Esa es su principal fortaleza, el entender la motivación y la historia, y generar la mejor sinergia entre beneficiarios-clientes-colaboradores-estado. Esa es su propuesta de valor, y esa, es la razón en la cual se basa la sostenibilidad y crecimiento de Litro de Luz Argentina.

Trabajan fuerte en el empoderamiento del proyecto tanto desde el barrio como de las empresas que financian los mismos, para que todos se sientan protagonistas y partícipes del mismo, lo que genera la sostenibilidad en el tiempo. Esta sinergia es la que crea un marco para trabajar hacia lo sostenible y multidisciplinario.

3. CADENA DE VALOR:

Las alianzas y diversidad en el equipo hacen que tengan la capacidad de no solo la instalación de luminarias, sino de una incidencia completa en la comunidad que se quiere ayudar.



Figura 1 Luminaria instalada

Las empresas que brindan los recursos, no lo se limitan a eso, sino que brindan su expertise para las soluciones, utilizando estas actividades tanto como para programas de RSE, donaciones o publicidad.

Tienen alianzas con empresas vendedoras de insumos, ONG's con trabajo en campo (Energías Solidarias, HumanHans), y asociaciones internacionales (Cuerpo de Evacuación y primeros auxilios, Cascos Blancos, Rotary). Esto permite no solo un trabajo de campo fuerte, sino también el acortar el camino que los demás ya recorrieron.

Un fuerte valor agregado que tienen también, es el nexos con el estado, y haciendo los acuerdos y solicitudes propias para la obra. Es estado de beneficia de una manera muy simple y directa, reducción de desigualdades, infraestructura eléctrica, y disminución de enfermos por los programas de enfermería comunitaria.

4. ACTIVIDADES CLAVE:

Sus Actividades claves constan de:

- Intervenciones Puntuales: Primer contacto con la comunidad - Relevamiento - Definición del proyecto junto con la comunidad y socios estratégicos - Búsqueda de recursos - Armado de equipos claves Planificación de intervención junto con comunidad y equipo - Intervención - Seguimiento y mejora.
- Manejo de voluntarios, colaboradores y nodos de trabajo: Acá lo importante es comprender la motivación de la persona, y sus capacidades, para así darle el lugar que mejor le sienta en Litro de Luz, para que cada día crezca y contagie su entusiasmo. Si bien puede sonar utópico, lo más importante es escuchar, delegar, despersonalizar y contagiar.
- Alianzas estratégicas: ¿Porque uso la palabra "Contagiar"? Porque son todas las personas que trabajamos en Litro de Luz que trabajamos para lograr alianzas estratégicas para llevar adelante las tareas. Y no estamos hablando de grandes empresas, sino de que el vecino que nos ayuda con su camioneta a llevar las luminarias al lugar, es una piedra fundamental en ese trabajo.

4. RECURSOS CLAVES

Si bien su principal recurso que tenemos es el conocimiento y la experiencia de la gente que trabaja en litro de luz, los recursos claves abarcan mucho más, a ser:

- Intervenciones puntuales: Materiales e insumos para las obras (Paneles solares, Led 12v, Baterías, Caños PVC, consumibles, circuitos de protección, células fotovoltaicas).
- Manejo de voluntarios, colaboradores y nodos de trabajo: Para acá, el recurso clave es la información, las formas de trabajo y la multidisciplinariedad, por lo explicado anteriormente de lo complejo de desarmar ese círculo vicioso de la desigualdad. La empatía de trabajo de las personas que realizan las intervenciones es un recurso invaluable para lograr nuestro propósito.

- Recursos claves también son los coordinadores en cada uno de los puntos de trabajo estratégicos, que son:
 - Buenos Aires: 4 coordinadores, 10 voluntarios
 - Gran Rosario: 2 coordinadores, 6 voluntarios
 - Córdoba Capital: 2 coordinadores, 10 voluntarios
 - Salta: 2 coordinadores, 8 voluntarios
- Las alianzas en los ámbitos Público-Privado para el logro de los objetivos en un recurso vital intangible para el éxito y la sostenibilidad del proyecto en el tiempo. Esto se logra en base a conocer los tiempos y procedimientos estatales de intervención, y así maximizar el aprovechamiento de los recursos privados. El networking es fundamental para crear y desarrollar oportunidades de negocio, compartir información y buscar empresas potenciales que quieran trabajar con nosotros.

5. RELACIONES:

Ya esto lo fue descrito un poco en los puntos anteriores, pero en lo que se refiere a la relación con la comunidad que reciben las luminarias, es importante volver a aclarar que su trabajo no termina allí. Sanidad, infraestructura y planeamiento son otros de los pilares en la relación con la comunidad. Nuestra tarea, en base a las relaciones, es ser el tejido que amalgama los distintos actores, y asegurar la continuidad en el tiempo de la intervención multidisciplinaria.

Ser esta amalgama es lo que principalmente lo que se trasmite a nuevos colaboradores y a nuestros socios estratégicos, para que sigan confiando en nosotros, vean su valor agregado, para así trabajar en conjunto en lograr la reducción de la desigualdad en una comunidad sostenible para todos sus miembros.

6. CANALES:

El principal canal que utilizan es el “boca en boca”, y un poco de redes sociales. Estas últimas solo por un tema institucional y a modo informativo.

Para sus alianzas estratégicas, tienen dos caminos: solicitar reunión con el área de RSE, Networking, o “vender” el proyecto a quienes puedan colaborar.

7. FUENTES DE INGRESOS:

Las alianzas estratégicas con privados son la principal fuente de ingresos para Litro de Luz, relacionándonos con ellos como ya se explicó anteriormente, pero tienen otras fuentes menores como ser:

- Talleres de armados de luminarias para empresas (suspendidos temporariamente): Se dan talleres a empresas, como parte de sus programas de RSE, y los mismos son abonados hacia Litro de Luz.
- Talleres de armados de luminarias para la comunidad (suspendidos temporariamente): Se dan el mismo taller que a las empresas, pero abierto a la comunidad. En este caso el precio del taller solo alcanza para cubrir los materiales, ya que el propósito del mismo es otro.

8. MÉTRICAS DE IMPACTO:

Para las métricas de impacto, se toman en cuenta en base a indicadores que permitan tener bajo monitoreo los “Factores Críticos de éxito” y también lo referido a presupuestos de obra (ya que en Argentina tenemos una inflación de un 4% mensual y una variación del dolar incierta para este 2020, estos indicadores lo debemos dividir en las 3 áreas

8.1. Intervenciones puntuales

- Tiempo de instalación de luminarias
- Semanas para conseguir los fondos
- Cantidad de colaboradores de la comunidad
- Tiempo hasta la primer falla
- Cantidad de fallas en 6 meses.

8.2. Manejo de voluntarios, colaboradores y nodos de trabajo:

- Presentismo en talleres:
- Cantidad de presentes/cantidad que se anotaron
- Tiempo de respuesta de los profesionales ante falla.
- Costo de mano de obra

8.3. Alianzas estratégicas:

En este caso no se utilizan indicadores puntuales para medir la relación con esta área, sino que tengo indicadores que les interesa a este sector

- Beneficiados con la obra
- Cantidad de chicos menores de 12 años
- Cantidad de luminarias solares cada u\$ 100 (tomo este indicador, porque una luminaria pública convencional solar en el mercado está entre u\$ 500 y u\$ 700)
- Cantidad de voluntarios de la empresa que pueden participar (en caso de que sea dentro de un programa de RSE)
- Metros cuadrados iluminados % de población con iluminación

8.4. Otras métricas de impacto económico-ambiental del proyecto serían:

- Reducción de las emisiones de CO2 (Por cada Luminaria publica instalada, se dejan de emitir 200 kg. de emisiones de CO2 al año)
- Eliminación de Braseros en interior de las casas para iluminación
- Ahorro de combustible para generadores
- Incidencias por conexiones precarias de electricidad (antes y después de la intervención, ya que dan talleres de seguridad eléctrica)
- Ahorro de dinero en servicios eléctricos (En los barrios humildes en donde hay energía eléctrica también se lleva a cabo el proyecto, ya que una familia que reemplace sus luminarias, puede llegar a ahorrar entre un 10 a 30% de dinero en el pago de su factura)

9. CONCLUSION

El principal objetivo de Litro de Luz Argentina es proporcionar luz mediante energía fotovoltaica, y de modo sostenible, a personas con acceso limitado o nulo a la electricidad. A partir de proyectos de generación de Luz acompaña a las comunidades y a los barrios hacia la sostenibilidad en otros ejes.

Son un grupo de profesionales, colaboradores y voluntarios de distintas índoles que trabajamos en la problemática social como ser la falta de energía, salud y desigualdad de oportunidades. Apuntando a generar sistemas de trabajo que nos lleven a solucionar distintos problemas (Iluminación, sanidad, reducción de zonas inseguras, oficios), y también generar conciencia en otros (cuidado del medio ambiente, desarrollo).

Esto lo pueden realizar gracias a son somos una asociación cuyos voluntarios y colaboradores tienen diversas áreas de trabajo, entre nosotros tenemos ingenieros, asistentes humanitarios, electricistas, plomeros, albañiles y especialistas en enfermería comunitaria.

En su proyecto, el "cliente" son las empresas, instituciones o personas, que colaboran de alguna manera (ya sea con donación monetaria y/o trabajo) para llevar adelante los proyectos, y los "beneficiarios" son las comunidades o personas que, por contar con carencias económicas y/o sociales, no logran tener los servicios y derechos básicos como ser seguridad, sanidad e igualdad de condiciones y oportunidades.

Para lograr esto, tienen políticas y formas de trabajo acordes a cada uno de los actores involucrados en el proceso. Cada uno de los proyectos es formulado en conjunto con todos los actores involucrados, para que los mismos se sientan y sean parte en todo el proceso en el que es llevado a cabo permanentemente. Por, sobre todo, al momento de acompañar a las comunidades en la aplicación de hábitos de higiene y actividades de desarrollo (talleres, capacitaciones, integraciones, etc).

Trabajan en conjunto con empresas a la hora de armar juntos los programas de Responsabilidad

Social Empresaria que servirán como puntapié para comenzar con los recursos del proyecto y trabajan junto con el estado (entidades, ministerios, secretarías, tanto a nivel nacional como municipal) a la hora de armar los programas sociales, logrando una productiva sinergia y sostenibilidad en el tiempo de los proyectos.

En conjunto trabajan con los beneficiarios no solo en el empoderamiento del proyecto, sino también más allá, ya que su trabajo no termina a la hora de poner la luminaria, sino que apuntamos a ayudarlos en el tiempo y generar soluciones en todos los ámbitos que se pueda solucionar con la falta de luz, como ser hábitos de higiene, condiciones de sanidad, educación y demás.

La realización de los talleres enseñando a realizar las luminarias, su historia y su forma de trabajo, funciona como un gran semillero a la hora de empezar a trabajar con nuevos colaboradores.

Su forma de trabajo se basa en la división de tareas por fase de proyecto, esto implica que en el momento que buscan recursos para un proyecto, otro de los equipos ya está pensando cómo sería la mejor estrategia a usar con la comunidad y capacitando ONG's locales y/o personas, y paralelamente se está preparando la gestión de compras, y así acelerar los tiempos del proyecto.

Litro de Luz Argentina permanentemente está acompañando todo el proceso de involucramiento e intervenciones con la comunidad/empresa/estado, logrando así que la comunidad sea más sustentable en el tiempo gracias a esta intervención.

Nota: Al momento de la realización del trabajo, quien lo realiza, Lucas Damián Herrero, es fundador y Director de Litro de Luz Argentina. Los productos y la tecnología son propiedad de Litro de Luz Argentina, bajo la LEY 11.723 - REGIMEN LEGAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.

10. REFERENCIAS.

- [1] www.proyectoluz.com
- [2] <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/energia-electrica/estadisticas/informes-estadisticos-del-sector-electrico>
- [3] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC, 2 julio 2010. <http://www.indec.gov.ar>.
- [4] G. Rabinovich, "Rápida evaluación y análisis de los objetivos del Proyecto Energía Sustentable para Todos en el sector energético de la República Argentina", PNUD BID, Buenos Aires, 2013.
- [5] G. Velázquez y G. Mesaros, "Geografía y calidad de vida en argentina", Ciencia Hoy, vol. 24. N° 143, pp. 27-31, 2015.
- [6] R. Durán y M. Condori, "Índice multidimensional de pobreza energética para Argentina: su definición, evaluación y resultados al nivel de departamentos para el año 2010", Avances en energías renovables y medio ambiente, vol. 20, pp. 21-32, 2016.
- [7] INDEC, "Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010", INDEC Argentina, 2010. http://www.indec.gov.ar/censos_total_paisasp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&t=0&s=0&c=2010.
- [8] Observatorio de la Deuda Social Argentina UCA, <http://www.uca.edu.ar>, 15 junio 2017.: <http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo68/files/2017-ObservatorioInforme-Eradicacion-Pobreza-Prensa.pdf>].
- [9] TECHO, "TECHO Argentina", 3 julio 2017. [En línea]. Available: <http://www.techo.org.ar>. [Último acceso: 3 julio 2017].
- [10] UNICEF La Educación en Cifras Unicef – Cuadro N° 18 – Pag 20
- [11] LEY 11.723 - REGIMEN LEGAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.

Análisis del problema de ruteo de vehículos con consideraciones ambientales

Kirpach, Juan Pablo⁽¹⁾; Orlandi, Federico⁽²⁾; Mascarino, Esteban Ezequiel⁽³⁾; Gómez, Daniela Nora⁽⁴⁾; Cerrano, Marta Liliana⁽⁵⁾

*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario
Pellegrini 250, Rosario, Santa Fe, Argentina.*

jkirpach@hotmail.com - fedeorlandi@hotmail.com - estmasca@mit.edu -
danielag@fceia.unr.edu.ar - mcerrano@fceia.unr.edu.ar

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

La logística verde persigue la minimización del impacto ambiental generado por las diversas actividades logísticas. En línea con este objetivo, este trabajo se basa en un modelo denominado PRP (Pollution Routing Problem, por sus siglas en inglés), en el cual se determinan las rutas a realizar por una flota de vehículos para servir a un conjunto de clientes. Al contemplar el consumo de combustible, este modelo permite reducir las emisiones de la flota.

Luego, se introduce y desarrolla una variante del PRP que permite determinar el tamaño de flota óptimo al incluir en el análisis el costo fijo de la misma – incluyendo costo de mantenimiento, leasing, entre otros –.

Las rutas generadas con ambos modelos son comparadas con aquellas generadas por un modelo VRP (Vehicle Routing Problem, por sus siglas en inglés) para un caso de estudio de características reales. Como resultado, se perciben reducciones significativas del consumo de combustible – hasta un 17 % – y de los costos totales – hasta un 4 % – en las rutas generadas por los modelos PRP. En contrapartida, estos últimos aumentan levemente el tiempo total demandado para completar la totalidad de las rutas – 0,3 % en promedio –.

Palabras Claves: Modelos de ruteo, Logística verde, Contaminación, Consumo de combustible, Dimensionamiento de flota.

ABSTRACT

Green logistics seeks to minimize the environmental impact generated by multiple logistics activities. To achieve this goal, this paper is based on a Pollution Routing Problem (PRP) model, which determines the best routes for a set of vehicles to serve a group of clients. By including fuel consumption in the analysis, this model can reduce fleet emissions.

Then, a PRP variant is introduced and developed. This new model helps determining the optimal fleet size by including the fixed cost of the fleet under analysis – including maintenance cost, leasing, among others –.

The routes generated with both models are compared with those generated by a traditional Vehicle Routing Problem (VRP) through a case study of real characteristics. As a result, significant reductions in fuel consumption – reaching 17 % – as well as slight decreases in total routes costs – close to 4% – are generated by both PRP models. However, PRP models slightly increase the total time required by the routes – 0,3 % on average –.

Keywords: Routing models, Green logistics, Pollution, Fuel consumption, Fleet sizing.

Optimización de los métodos de purificación y mantenimiento de *Scenedesmus acutus* para la obtención de biomasa con diversas aplicaciones.

Fernández, Noelia Natalia; Tuzza, Sofia*; Rearte, Gimena; Saez, Silvia Graciela⁽¹⁾; Tereschuk María Laura.

Cátedra de Química Orgánica y ⁽¹⁾Cátedra de Higiene y Seguridad Laboral e Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, CP: 4000.
sofiatuzza@gmail.com

RESUMEN.

La biotecnología de microalgas resulta de gran interés en los sistemas de biorremediación, en la remoción o biotransformación de contaminantes presentes en agua o aire, basada en la capacidad de dichos organismos fotosintéticos para metabolizar nitrógeno, fósforo, diversos ácidos orgánicos y metales pesados. Resulta difícil trabajar con cultivos axénicos de microalgas, debido a que las células de microalgas pueden secretar sustancias que estimulan el crecimiento bacteriano, y generar competición por los nutrientes inorgánicos disponibles. El objetivo de este trabajo fue optimizar un protocolo de purificación de la cepa de microalga *Scenedesmus acutus* a partir de una mezcla de antibióticos (ATB) seleccionados (Penicilina G y Gentamicina). Se realizaron dos ensayos: 1) Purificación mediante agregado de diferentes concentraciones de ATBs directamente a tubos de ensayos que contenían un consorcio microalgas/bacterias en medio nutritivo (BBM); y 2) Purificación mediante agregado de diferentes concentraciones de ATBs, previamente filtrados y colocados directamente en el medio agarizado (BBM) y posterior siembra-estriado de microalgas a partir del consorcio microalga/bacteria. El mejor resultado se obtuvo con el ensayo N°2 (ATBs: Gentamicina 0,025 mg/ml y Penicilina G 3 mg/dl), luego del periodo de incubación, se verificó la ausencia de bacterias. Se comprobó el cultivo axénico sembrándolo a medio de cultivo estéril (BBM). Se logró estudiar la resistencia de la microalga *Scenedesmus acutus* a diferentes concentraciones de ATB seleccionados, y la obtención de un cultivo axénico de microalgas a partir de una muestra contaminada con bacterias de formas bacilares.

Palabras Claves: Microalgas; *Scenedesmus acutus*; biorremediación; cultivos axénicos.

ABSTRACT

Microalgae biotechnology is of interest in phytoremediation systems, in the removal or biotransformation of contaminants present in water or air, based on the ability of these photosynthetic organisms to metabolize nitrogen, phosphorus, various organic acids and heavy metals. It is difficult to work with axenic cultures of microalgae, because microalgae cells secrete substances that stimulate bacterial growth, and generate competition for available inorganic nutrients. The objective of this work was to optimize a purification protocol of the *Scenedesmus acutus* microalgae strain from a mixture of selected antibiotics (ATB) (Penicillin G and Gentamicin). Two tests were performed: 1) Purification by adding different concentrations of ATBs directly to test tubes containing a microalgae / bacteria consortium in nutrient medium (BBM); and 2) Purification by adding different concentrations of ATBs, previously filtered and placed directly in the agar medium (BBM) and subsequent seeding-striation of microalgae from the microalgae / bacteria consortium. The best result was obtained with test N°2 (ATBs: Gentamicin 0.025 mg / ml and Penicillin G 3 mg / dl), after the incubation period, the absence of bacteria was verified. Axenic culture was verified by seeding it in a sterile culture medium (BBM). It was possible to study the resistance of *Scenedesmus acutus* against different concentrations of selected ATB, and obtain an axenic culture of microalgae from a mixed culture, contaminated with rod-shaped bacteria.

Keywords: Microalgae; *Scenedesmus acutus*; biorremediation; axenic cultures.

1. INTRODUCCIÓN

Las microalgas son organismos fotosintéticos, que se encuentran distribuidos en diferentes hábitats, tanto terrestres como acuáticos, incluyendo ambientes externos. Fisiológicamente son microorganismos autótrofos, que realizan su metabolismo a partir de fuentes de materia inorgánica, compuestos derivados del dióxido de carbono y energía lumínica. Las algas, son algunos de los organismos de más rápido crecimiento en el mundo, con hasta el 90% de su peso compuesto de carbohidratos, proteínas y aceites. Además de estas biomoléculas, las microalgas también son ricas en otros compuestos de alto valor, como vitaminas, pigmentos y compuestos biológicamente activos. Todos estos compuestos se pueden extraer para su uso en las industrias cosmética, farmacéutica, nutracéutica y alimentaria [1].

Las microalgas poseen una capacidad fitorremediadora que consiste en la eliminación o biotransformación de contaminantes de un medio líquido o gaseoso, basada en el hecho que dichos organismos fotosintéticos metabolizan nitrógeno, fósforo, diversos ácidos orgánicos y metales pesados. Estos compuestos contaminantes son captados por la biomasa algal y pueden ser recuperados posteriormente mediante su cosecha. Por esto, el cultivo de las microalgas cobra tanta importancia ya que son capaces de eliminar contaminantes, producir biomasa con fines comerciales como fertilizantes, combustibles y alimentos [2]. Además, las microalgas son los organismos fotosintéticos más eficientes, absorben más CO₂ y liberan más O₂ que cualquier planta y crecen extremadamente rápido, lo cual es muy importante desde el punto de vista ambiental ya que hay estudios que estiman que hacia el año 2300, el CO₂ atmosférico alcanzará un máximo de 1900 a 2000 ppm, 5 veces mayor que el actual, generando en los océanos un solvente corrosivo para todos aquellos organismos con esqueleto carbonado [3].

La biomasa de microalgas presenta una gran variedad de productos con valor económico [4], que, al asociarse a la fitorremediación, pueden reducir los costos del cultivo [5,6]. Ya existen cultivos a gran escala y el uso de microalgas en fitorremediación ha demostrado ser efectiva y eficiente disminuyendo los costos de producción [7].

En este trabajo se estudiaron protocolos de purificación del consorcio microalga/bacteria y el mantenimiento de la cepa *Scenedesmus acutus*, a partir de una mezcla de antibióticos seleccionados, a fin de lograr un crecimiento eficiente de la biomasa para su posterior utilización en la fitorremediación de efluentes industriales, obtención de biogás a partir de la biomasa, biofertilizantes, biodiesel a partir de aceites de microalgas y puesta en valor de la obtención de alimentos funcionales o metabolitos para acuicultura. Este trabajo resulta fundamental, puesto que, resulta difícil trabajar con cultivos axénicos de microalgas, debido a que las células de microalgas pueden secretar sustancias que estimulan el crecimiento bacteriano, y generar competencia por los nutrientes inorgánicos disponibles.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Cepa

Se utilizó la cepa de microalga *Scenedesmus acutus* (Chlorophyta), adquirida en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA (Figura 1). Esta microalga se presenta comúnmente en los cursos de aguas de la región NOA. *Scenedesmus* es un género de fácil cultivo, empleado para la mitigación de CO₂, la biorremediación de aguas residuales y actualmente como suplemento dietario por sus nutrientes. Las células son elipsoidales alargadas o fusiformes. Este grupo vive principalmente en estanques de agua dulce, lagos eutróficos, raramente en aguas salobres y tolera amplios rangos de temperaturas y de pH [8]



Figura 1. Tubos de cultivo "stock" de una cepa de *Scenedesmus acutus* (Chlorophyta).

2.2 Medio de cultivo

El cultivo de la cepa se realizó utilizando el medio de cultivo “Bold’s Basal Medium” (BBM) preparado según indicaciones del protocolo en agua bidestilada, esterilizado previamente mediante autoclavado. Su composición es: NaNO_3 2.5%, KH_2PO_4 1.75%; K_2HPO_4 0.75%; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.75%; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.25%; NaCl 0.25%; Solución EDTA; Solución de hierro; Solución de Micro-nutrientes. Cada solución es esterilizada por separado.

Por otro lado, también se utilizó el medio de cultivo enriquecido para bacterias “Müeller Hinton” (MH) agarizado para conservar una muestra y realizar un posterior análisis con técnicas moleculares con el fin de identificar el tipo de bacterias presentes. La composición del mismo es: Infusión de carne 300 gr/L, peptona ácida de caseína 17,5 gr/L, almidón 1,5 gr/L, agar 15 gr/L.

2.3 Antibióticos

Se empleó una combinación de antibióticos de amplio espectro, Penicilina G en polvo (Pen Di Ben 1.200.000) (betalactámico) (Figura 2), y Gentamicina ampolla 80 mg/2 ml (aminoglucósido) (Figura 3) [9]. Ambos fueron preparados a partir de presentaciones comerciales, para obtener concentraciones finales de 3 mg/ml y 0,025 mg/ml respectivamente. Ambos esterilizados mediante filtración con filtros de 0,22 μm .

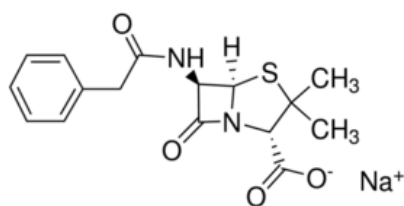


Figura 2. Penicilina

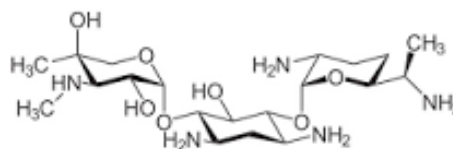


Figura 3. Gentamicina

2.4 Ensayos de purificación de la cepa

Para la purificación de consorcios microalgas/bacterias, los cuales se habían obtenido a partir de cultivos mixtos en biorremediación de efluentes citrícolas, se realizaron cultivos en tubos con medio nutritivo líquido y placas de Petri con medio agarizado. Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado y en absolutas condiciones de esterilidad (flujo laminar) (Figura 4).



Figura 4. Preparación de medio BBM en flujo laminar.

2.4.1. Pruebas en medio líquido

Se emplearon 3 tubos, cada uno con un consorcio microalgas/bacterias suspendidas en medio nutritivo (BBM), donde se agregaron directamente las siguientes combinaciones de antibióticos:

- 1) A un tubo se agregó 100 μL de Penicilina G en una concentración de 3 mg/ml
 - 2) En un segundo tubo se adicionaron en forma combinada 100 μL de Penicilina G en una concentración de 3 mg/ml + 100 μL de Gentamicina en una concentración de 0,025 mg/ml
 - 3) En un tercer tubo se añadió 100 μL de Gentamicina en concentración de 0,025 mg/ml
- Luego de un período de incubación de 7 días a 24-26°C en ciclos de luz y oscuridad 12 -12 hs. Por plaqueo, se observó un descenso de la población bacteriana, pero no su ausencia total.

2.4.2. Pruebas en medio agarizado

Se prepararon tres placas diferentes con medio BBM agarizado al 1,5% y una vez solidificadas completamente, se agregaron y esparcieron con espátula de Drigalsky las diferentes concentraciones de antibióticos en las siguientes combinaciones:

- 1) En una placa: 100 μ L de Penicilina G en concentración 3 mg/ml
- 2) En una segunda placa se agregaron 100 μ L de Penicilina en una concentración de 3 mg/ml y luego, se le adicionaron 100 μ L de Gentamicina 0,025 mg/ml
- 3) En una tercera placa se agregaron 100 μ L de Gentamicina 0,025 mg/ml y se dejó secar.

Posteriormente se realizó una siembra por estriado del consorcio microalgas/bacterias.

Transcurrido un período de 7 días de incubación a 24-26°C en ciclos de luz y oscuridad 12 hs.-12 hs, no se observó la presencia de colonias bacterianas.

Por otro lado, para tratar de identificar las bacterias de tipo bacilar presentes en el consorcio, se tomaron colonias simples de placas con crecimiento mixto, y se sembraron en un medio agarizado enriquecido para bacterias (Müeller Hinton).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tradicionalmente, en estudios dedicados a cultivos de microalgas con fines biotecnológicos fuera del contexto de la depuración de efluentes, la presencia de bacterias se ha considerado una contaminación perjudicial para el proceso y fuente de inestabilidad para el sistema [10]. Durante las últimas décadas, numerosos trabajos han ido modificando este concepto y hoy en día se considera al conjunto de microalgas y bacterias como una ventaja en determinadas áreas relacionadas con la biotecnología como es el tratamiento de aguas residuales. Esto se debe a las relaciones mutualistas y simbióticas que se pueden dar entre ambos tipos de microorganismos [11-13].

Sin embargo, en líneas de trabajo que plantean la utilización de especies de microalgas puras, es de suma necesidad mantener y optimizar el cultivo axénico de las mismas, por lo que se hace necesario un protocolo adecuado para cada caso.

3.1. Pruebas en medio líquido

Las pruebas realizadas en medio líquido en los tubos 1, 2 y 3, de acuerdo a una combinación de antibióticos según la bibliografía consultada en estos casos, no dio los resultados previstos, ya que al plaquear los cultivos, no se obtuvieron crecimientos puros si no mixtos en todos los casos (Figura 5). Esto pudo deberse a que la combinación o elección de los ATB no fue la correcta para el tipo de consorcio con el que se trabajó y en condiciones de cultivo líquido.

La elección de dos antibióticos de amplio espectro de diferente origen y modo de acción (Uno actúa sobre la pared celular y otro que se une a la subunidad S30 del ribosoma bacteriano, impidiendo la transcripción del DNA bacteriano) se debió al hecho de que no se conoce la composición del lodo del tratamiento secundario recibido por el efluente citrícola que fue tratado con el consorcio *Scenedesmus*-bacteria y utilizado en este estudio.

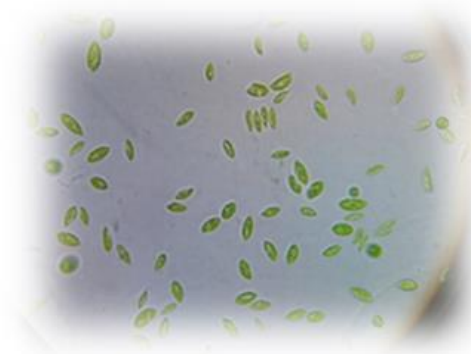


Figura 5. Cultivo del consorcio *Scenedesmus acutus* /lodo. MO 100X

3.2 Pruebas en medio agarizado

Se observó al MO que el cultivo de *Scenedesmus acutus* era puro con las condiciones de la placa 2 (combinación de Penicilina y Gentamicina) y se repicó en sucesivas diluciones una colonia en placas con BBM sin antibióticos, colocando las mismas en idénticas condiciones de cultivo y al cabo de 7 días, se comprobó la ausencia de bacterias (Figuras 6 y 7).

Antes de ensayar las concentraciones con las que se llevó a cabo el experimento, ya se sabía que una concentración de 0,050 mg/mL era letal para el crecimiento del género *Scenedesmus*[14] y que altas concentraciones de betalactámicos no tenían efecto sobre *Scenedesmus obliquus*, otra cepa del mismo género que *S. acutus*. En nuestro estudio, se ensayaron concentraciones mayores (datos no mostrados) sin que el ensayo fuera exitoso. Entonces se decidió probar con las concentraciones ya descritas y la combinación de Penicilina G y Gentamicina en condiciones subletales para la microalga, pero no para las bacterias, mostrando que nuestro protocolo se mostraba prominente en el manejo de cultivos axénicos de *S. acutus*. Nuestros resultados concuerdan con el trabajo de Le Chevanton et.al. (2013), en el cual se observó un cultivo axénico de *Dunaliella* sp. cepa SAG 19.3 el cual había sido tratado con antibióticos de la misma forma que se realizó en nuestro trabajo, no observándose ninguna bacteria cultivable en la placa con microalgas. Además, antes del uso de la cepa de microalgas la ausencia de bacterias cultivables se observó sistemáticamente con Microscopía de Fluorescencia [15].



Figura 6. Placas con cultivos puros de *Scenedesmus acutus*, luego de 7 días de crecimiento

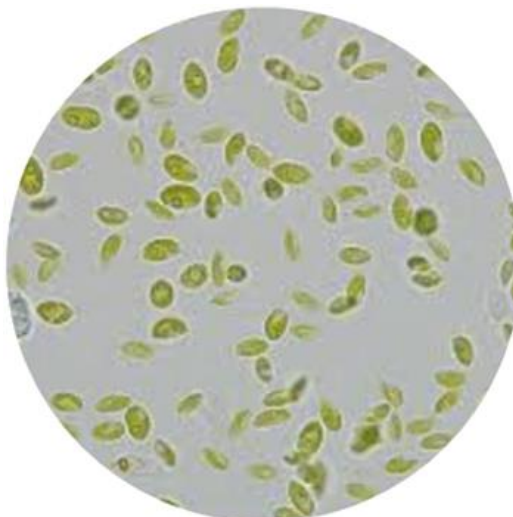


Figura 7. Cultivo puro de *Scenedesmus acutus*. MO 100X

El presente trabajo abordó el estudio de la especie *Scenedesmus acutus*, que se encuentra en los espejos de agua y ríos de la provincia de Tucumán y de la región NOA. Desde el año 2013 este grupo de trabajo se dedica al cultivo de microalgas, su aplicación en alimentos funcionales, a partir de biomasa, la extracción de aceites de microalgas por tecnología de fluido supercrítico (EFS) para la obtención de biodiesel y más recientemente (año 2017) el tratamiento terciario de efluentes citrícolas con microalgas y consorcios microalgas/bacterias. Recientemente, se diseñaron biorreactores a escala laboratorio para comprobar la viabilidad de un cultivo de microalgas autóctonas en condiciones controladas de luz, temperatura y nutrientes. Estos cultivos se llevaron a cabo de modo que el aporte de nutrientes se realice a partir del agua del efluente de un sistema de tratamiento anaerobio de aguas residuales ya existente. La característica principal de dicha agua es la presencia de nutrientes minerales (nitrógeno y fósforo) y un menor contenido en materia orgánica, lo que lo hace en principio, apropiado para un post-tratamiento mediante el cultivo de

microalgas (terciario) propuesto. Los resultados fueron muy buenos aún para los efluentes más agresivos como los de cítricos e industrias textiles [16-18].

Las interacciones entre bacterias y microalgas constituyen un complejo mecanismo y pueden resultar en diferentes patrones dependiendo de las condiciones y protagonistas involucrados. Esto es que depende de los tipos de microalgas y bacterias que se encuentren en el consorcio y la cantidad de nutrientes del medio [19]. Las condiciones de cultivo pueden también afectar sustancialmente las interacciones de los cultivos mixtos, una vez que estos se adaptan, lo cual presupone que, por ejemplo un limitante como el Nitrógeno, pueda afectar el crecimiento de la microalga, así como la disminución en la carga orgánica (DBO) debido a un tratamiento secundario con lodos [20]. También suponemos que una relación cuantitativa microalga-bacteria es otro punto central a la hora de separar un consorcio mixto que puede tornar una simbiosis en una competición por el nitrógeno disuelto [15].

Finalmente, autores como Unnithan et al. [21] señalan la importancia de caracterizar las poblaciones de microorganismos y las interacciones entre las microalgas, microorganismos asociados y microorganismos presentes en las aguas residuales. Aunque existen algunas referencias de estudios dedicados a la caracterización cualitativa de microorganismos, tanto de microalgas como bacterias, por lo que se plantea a futuro, la identificación de las formas bacilares encontradas en nuestros cultivos mixtos empleados en ficorremediación de efluentes cítricos. Se plantea realizar a futuro, un estudio de 16S rRNA de las bacterias separadas para poder aproximar la identificación de las mismas.

4. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un protocolo exitoso para la obtención de un cultivo axénico de *Scenedesmus acutus*, que combina Penicilina G 3 mg/mL + Gentamicina 0,025mg/mL, en condiciones subletales, lo que derivó en cultivos sin bacterias a placas sin ATB.

5. REFERENCIAS.

- [1] Richmond A & Hu Q. Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology. John Wiley & Sons. 2013.
- [2] Hernández-Pérez A & Labbé J I. Microalgas, cultivo y beneficios. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2014; 49(2): 157-173.
- [3] Stager C. El futuro profundo: Los próximos 100.000 años de vida en la Tierra. Editorial Crítica, Barcelona. 2012. p. 358.
- [4] Day AG, D Brinkmann, S Franklin, K Espina, G Rudenko, A Roberts & KS Howse. 2009. Safety evaluation of a high-lipid algal biomass from *Chlorella protothecoides*. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2009; 55:166-180.
- [5] Rosales N, J Bermúdez, R Moronta & Morales E. 2007. Gallinaza: un residual avícola como fuente alternativa de nutrientes para la producción de biomasa microalgal. Revista Colombiana de Biotecnología. 2007; 9(1): 41-48.
- [6] Abdel-Raouf N, AA Al-Homaidan & IBM Ibraheem. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences. 2012; 19: 257-275.
- [7] Gómez M D, Pérez MDCG, González JR & Machuca, JAPV. Ficorremediación de Aguas Residuales Urbanas de Pequeños Municipios con Microalgas. Revista Científica Ecociencia. 2020; 7(3): 1-27.
- [8] May-Cua ER., Toledano-Thompson T, Alzate-Gaviria LM & Barahona-Pérez LF. A cylindrical-conical photobioreactor and a sludge drying bed as an efficient system for cultivation of the green microalgae *Coelastrum* sp. and dry biomass recovery. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2019; 18(1): 1-11.
- [9] Farmacopea Argentina 7° Ed. 2003. Vol II. pp.131 y 489 ANMAT Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/farmacopea-argentina>.
- [10] Huntley ME, Redalje DG. CO2 mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: a new appraisal. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2007; 12(4):573-608.
- [11] Choudhary P, Prajapati SK, Malik A. Screening native microalgal consortia for biomass production and nutrient removal from rural wastewaters for bioenergy applications. Ecological Engineering. 2016; 91:221-230.
- [12] Ramanan R, Kim B-H, Cho D-H, Oh H-M, Kim H-S. Algae–bacteria interactions: Evolution, ecology and emerging applications. Biotechnology Advances 2016; 34(1):14- 29.

- [13] Gonçalves AL, Pires JCM, Simões M. Wastewater polishing by consortia of *Chlorella vulgaris* and activated sludge native bacteria. *Journal of Cleaner Production*. 2016; 133:348-357.
- [14] Guo SL, Zhao XQ, Tang Y, Wan C, Alam MA, Ho SH, Bai FW & Chang JS. Establishment of an efficient genetic transformation system in *Scenedesmus obliquus*. *Journal of Biotechnology*. 2013;163(1):61–68.
- [15] Le Chevanton M, Garnier M, Bougaran G, Schreiber N, Lukomska E, Bérard JB, Cadoret, JP. Screening and selection of growth-promoting bacteria for *Dunaliella* cultures. *Algal Research*. 2013; 2(3), 212-222.
- [16] Singh RD, Ojeda López LA & Tereschuk ML. Optimización del medio de cultivo de microalgas para la obtención de aceites destinados a biocombustibles. 2014. En: II Congreso Argentino de Ingeniería CADI. ISBN 978-987-1662-51-7. Mendoza, Argentina.
- [17] Varela Bonissone EV, Vicente PF, Herrera RE, Tereschuk ML & Sáez SG. Tratamiento terciario de un efluente citrícola por ficorremediación. 2018. En: Libro de Resúmenes XXVI Jornadas de Jóvenes Investigadores de AUGM. Medio Ambiente, p. 512. Mendoza, Argentina.
- [18] Ojeda López, LA, Herrera R, Corral L & Tereschuk ML. Diseño de biorreactor para microalgas destinadas a la obtención de biodiesel. 2018. En: INVESTIGACIONES EN FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA, Número 4, pp.85-89. ISSN: 1853-6662. UNSE, Santiago del Estero, Argentina
- [19] Brussaard CP, Brookes R, Noordeloos AA & Riegman R. Recovery of nitrogen-starved cultures of the diatom *Ditylum brightwellii* (Bacillariophyceae) upon nitrogen resupply. *Journal of experimental marine biology and ecology*. 1998; 227(2): 237-250.
- [20] Garber JH. Laboratory study of nitrogen and phosphorus remineralization during the decomposition of coastal plankton and seston. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 1984; 18(6): 685-702.
- [21] Unnithan VV, Unc A & Smith GB. Mini-review: a priori considerations for bacteria–algae interactions in algal biofuel systems receiving municipal wastewaters. *Algal Research*. 2014; 4:35-40.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Dr. Daniel Valdeón y a la Cátedra de Microbiología de FACET-UNT por permitirnos el uso de sus laboratorios y la ayuda brindada. A la Prof. Cecilia Saleme por la revisión del abstract. Financiamiento: PIUNT 26/E-648/3, Universidad Nacional de Tucumán y Programa de Vinculación Tecnológica “Agregando Valor” 2018, “Ficorremediación de efluentes” SPU-Ministerio de Educación.

Manejo responsable de los xantatos para asegurar la sostenibilidad de las industrias mineras en Latinoamérica

Castillejo, Fredy*; Valdivia, Gloria; Atusparia, María

Universidad Nacional de Ingeniería, Unidad de posgrado de la facultad de ingeniería industrial y de sistemas 15333 Rimac

fecastillejom@uni.pe*; gvaldivia@uni.edu.pe; matuspariac@uni.pe

RESUMEN.

El presente artículo tiene por objeto dar a conocer un nuevo modelo de distribución de productos químicos para flotación a través de las nuevas alternativas de manejo y aplicación de las experiencias del tratamiento industrial de los residuos de xantatos en las operaciones mineras con la intención de establecer el manejo responsable y el uso eficiente de los productos químicos, de tal manera que impacte positivamente en la seguridad y salud de los trabajadores, el medio ambiente y en la economía de las operaciones mineras.

El nuevo modelo de distribución se centra en la descripción del aprovechamiento eficiente de los colectores a base de xantatos y reducir la generación de desperdicios de productos químicos tales como contenedores contaminados y los residuos de la preparación. El modelo propuesto enfoca la responsabilidad del tratamiento químico de los residuos de xantatos al fabricante, el mismo que ha desarrollado métodos especializados para el control de las moléculas de xantatos. Este esquema crea una situación beneficiosa para las industrias mineras debido a que sus preocupaciones se centrarían sólo en la aplicación de los xantatos en sus operaciones mineras y trasladando la responsabilidad o las alternativas de manejo seguro de los residuos al fabricante, quien es el que está especializado en el control de este tipo de residuos generados por el uso de los xantatos. Se ha llegado a la conclusión que el manejo responsable de los residuos de xantatos no solo garantizará la sostenibilidad, sino que también a la continuidad de los negocios relacionados a la industria minera debido a que cada día existe mayor vigilancia ambiental en la disposición final de los residuos de las industrias mineras.

Palabras Claves: Xantatos, industrias mineras, manejo, colectores

ABSTRACT.

The purpose of this article is to present a new model for the distribution of chemical products for flotation through new alternatives for the management and application of experiences in the industrial treatment of xanthate residues in mining operations with the intention of establishing the responsible management and efficient use of chemical products, in such a way as to positively impact the safety and health of workers, the environment and the economy of mining operations.

The new distribution model focuses on the description of the efficient use of xanthate-based collectors and reducing the generation of chemical product waste such as contaminated containers and preparation waste. The proposed model focuses the responsibility for the chemical treatment of xanthate residues on the manufacturer, who has developed specialized methods for the control of xanthate molecules. This scheme creates a beneficial situation for the mining industries because their concerns would focus only on the application of xanthates in their mining operations and transferring the responsibility or the alternatives for safe waste management to the manufacturer, who is the one who is specialized in the control of this type of waste generated by the use of xanthates. It has been concluded that the responsible management of xanthate residues will not only guarantee sustainability, but also the continuity of businesses related to the mining industry because every day there is greater environmental vigilance in the final disposal of the waste from mining industries.

Keyword: Xanthates, mining industries, management, collectors

1. INTRODUCCIÓN

A casi 100 años de las primeras aplicaciones industriales de los xantatos, en el mercado de reactivos de flotación han surgido nuevos colectores de minerales que han intentado reemplazar a los xantatos y a la fecha sólo se ha logrado parcialmente y en aplicaciones muy específicas. De acuerdo con la tendencia mundial, como se observan en las figuras 2 y 3 es muy probable que los xantatos mantengan su aplicación por muchas décadas más, por lo que las industrias mineras deben dedicarse a desarrollar nuevos enfoques que orienten a un manejo adecuado de estos reactivos de flotación y que a su vez permitirá el mejor aprovechamiento de todos los beneficios que trae su aplicación.

Los reactivos de flotación y los contenedores que se usan para su distribución en las operaciones mineras de Latinoamérica son mayormente de origen asiático, cuya responsabilidad del fabricante en la disposición final termina una vez entregado el producto químico a la unidad minera. Después del uso del producto los contenedores, que se muestran en la figura 1, quedan con residuos que se convierten en importantes problemas ambientales; si bien estos residuos son enviados a rellenos industriales autorizados en las regiones donde se realizan las operaciones mineras, estos se convierten en un problema potencialmente serio para las futuras generaciones. Por ello es de importancia iniciar el entendimiento de las propiedades físicas y químicas de los xantatos, las actuales formas de distribución, las nuevas alternativas de distribución y las tecnologías de control ambiental, estos conceptos deberían ser comprendidos por los operadores de plantas de flotación y el conocimiento adquirido debe permitir ejecutar un adecuado manejo de químicos que confieran seguridad, que resulten amigables con el medio ambiente y rentables para las operaciones mineras. Comprendiendo y poniendo en práctica los conocimientos desarrollados hasta la fecha, ayudarán a lograr y garantizar la sostenibilidad y la continuidad de los negocios de las industrias mineras.

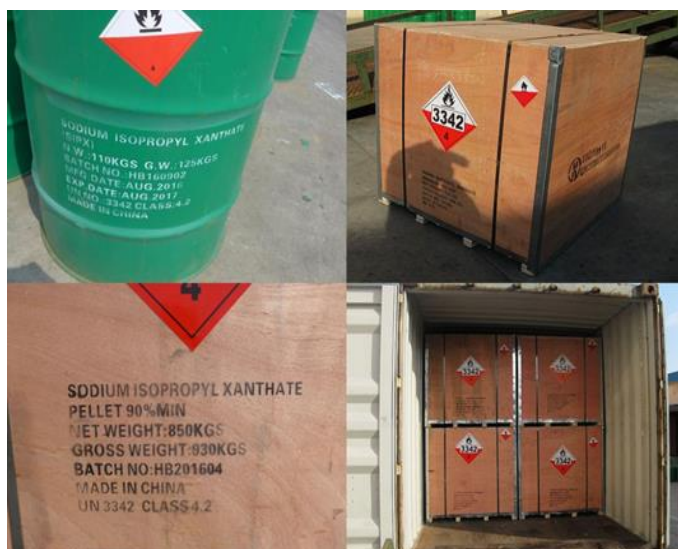


Figura 1. Presentación de los xantatos envasados de origen chino
Fuente: Hainan Zhongxin Chemical Co., Ltd. (ZXCHEM)

1.1. Manejo responsable de productos químicos

Un manejo responsable requiere de una evaluación estricta de todos los aspectos implícitos que trae el empleo de cualquier producto químico. En el mundo, la manipulación de sustancias químicas usadas en minería ha producido incidentes, averías, así como accidentes por su incorrecta manipulación, han traído diversas consecuencias por el uso inadecuado y que ha origina impactos económicos, ambientales y pérdida de vidas humanas. La industria minera está expuesta a estos riesgos de manipulación de sustancias altamente peligrosas como son el cianuro de sodio (NaCN), sulfhidrato de sodio (NaHS), entre otros y que requiere retomar especial atención.

1.2. Sostenibilidad

La sostenibilidad es una idea que pretende movilizar la responsabilidad colectiva para enfrentar los problemas y desafíos antropocénicos, término usado por Paul Crutzen. La sostenibilidad trata de garantizar las necesidades presentes sin comprometer las futuras, manteniendo un equilibrio entre los tres pilares esenciales: la protección medioambiental, desarrollo social y el crecimiento económico.

1.3. Compañías mineras en Latinoamérica, Problemática ambiental

Uno de los problemas que caracteriza a las industrias mineras es el impacto ambiental de las actividades mineras, y entre ellas se tiene las acumulaciones de desechos de los contenedores de los productos químicos peligrosos que se van acumulando lo largo de los rellenos sanitarios de los países de Sudamérica; lo cual representa una elevada condición de riesgo ambiental futura, por la

peligrosidad de sus componentes químicos. Solo las compañías mineras de clase mundial han alcanzado un manejo adecuado de sus residuos, sin embargo, la mediana y pequeña minería aún requiere mucha asistencia técnica para la disposición final de sus residuos.

1.4. Desarrollo sostenible en las industrias mineras

La sostenibilidad en las industrias mineras involucra conceptos de mucho mayor envergadura que la tradicional gestión empresarial, va mucho más que un plan de RSE (responsabilidad social empresarial) o una excelencia operacional; esta concibe un desarrollo desde tres puntos de vista que son: el de la viabilidad económica y financiera, el punto de vista social, desde el punto de vista ambiental [1]. Desde el punto de vista medioambiental, las industrias mineras deben procurar el cuidado del medio ambiente siendo un tema álgido en las plantas de flotación, la contaminación de las aguas por diversos reactivos químicos y entre ellos tenemos a los colectores de flotación como, tionocarbamatos, tiofosfinatos, xantatos, ditiofosfatos entre otros.

1.5. Xantatos en minería

En el 2019 Chile y Perú lograron producir más de 8,000 toneladas métricas de cobre posicionándose, así como los principales productores a nivel mundial de cobre, gran parte de esta producción de cobre se emplea la concentración de minerales por flotación por espuma.

La flotación por espuma es el proceso industrial usado para la separación de minerales de cobre finamente liberados [2]. El proceso consiste en la dispersión de burbujas de aire en un medio fluido donde se encuentra el mineral y el agua en presencia de reactivos de flotación, denominados colectores, tales facilitan la adhesión de los minerales valiosos en las burbujas de aire que posteriormente serán recolectados de las celdas de flotación [3]. Dentro de los colectores más usados se encuentran los reactivos de flotación de la familia de los xantatos y se vienen usando desde los años 20 cuyo uso se ha masificado en las principales operaciones mineras de Latinoamérica y del mundo.

En el 2016 se han registrado cantidades importantes de consumo de xantatos llegando a 240,000 toneladas al año y las proyecciones de consumo para el 2025 sería 371,000 toneladas, lo que significa que las actividades mineras confían en este producto y continuarán usándolo en los procesos de flotación de los siguientes años, tal tendencia se observa en las figuras 2 y 3 [4]. Por consiguiente, se debe tener ahora un conocimiento pleno de las características de este tipo productos para una adecuada gestión del producto químico y sus residuos.

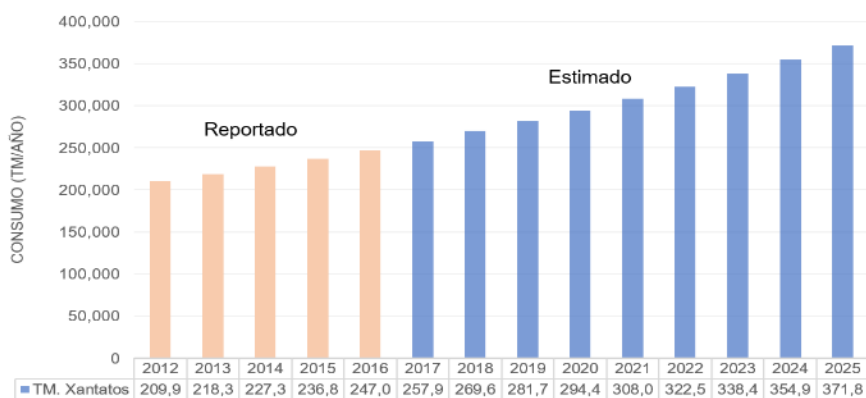


Figura 2. Proyección del consumo mundial de xantatos para el periodo 2017-2025 [4]

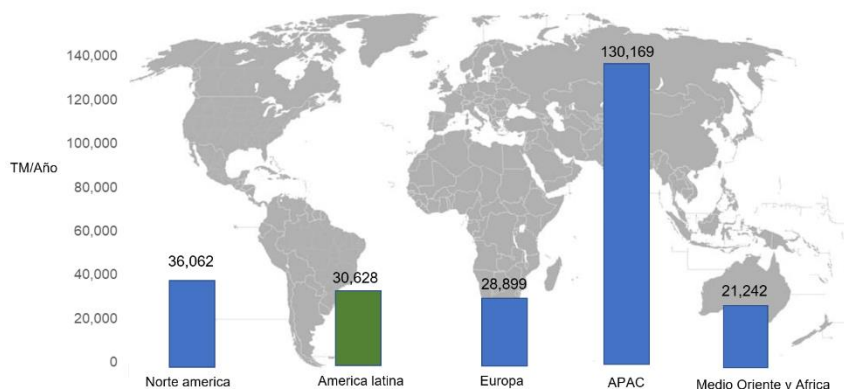


Figura 3. Consumo anual de xantatos registrados en el 2016 [4]

Los xantatos son un grupo de productos químicos de la familia de los ditiocarbonatos que se utilizan en la flotación de sulfuros en operaciones mineras [5]. De la familia de los xantatos que han tenido aplicaciones industriales que se listan en la tabla 1 los reactivos más usados son:

- Xantato amílico de potasio y de otros pentanoles (PAX).
- Xantato isobutilico de Sodio (SIBX)
- Xantato isopropílico de sodio (SIPX).

Los xantatos son productos químicos derivados del disulfuro de carbono, un alcohol y un compuesto alcalino (NaOH o KOH). Las sales de xantatos son parcialmente solubles en agua y en las aplicaciones en minería se utiliza en concentraciones que van desde el 5% hasta el 35% [6].

Tabla 1. Nombres comerciales de los principales xantatos utilizados en minería [7]

Nombre químico	Renasa	Cytec	Dow Chemical
Etil ditiocarbonato de potasio		Aero 303	Z-3
Etil ditiocarbonato de sodio	Xantato etílico de sodio	Aero 325	Z-4
Isopropil ditiocarbonato de potasio		Aero 322	Z-9
Isopropil ditiocarbonato de sodio	Xantato isopropílico de sodio	Aero 343	Z-11
Butil ditiocarbonato de potasio.			Z-7
Secbutil ditiocarbonato de potasio			Z-8
Secbutil ditiocarbonato de sodio		Aero 301	Z-12
Isobutil ditiocarbonato de sodio	Xantato isobutilico de sodio	Aero 317	Z-14
Amil ditiocarbonato de potasio	Xantato amílico de potasio	Aero 350	Z-6
Secamil ditiocarbonato de potasio			Z-5
Hexil ditiocarbonato de potasio			Z-10

La estabilidad de los xantatos en forma sólida y en soluciones acuosas es buena, depende en gran medida de las condiciones de almacenamiento en planta y la adecuada preparación de las soluciones acuosas.

De acuerdo con las numerosas investigaciones, los xantatos en forma sólida deben ser preparados con un contenido alcalino muy bajo menor a 0.1% y un contenido de humedad menor al 10%, de preferencia 5%. Por otra parte, los xantatos en forma de solución acuosa deben ser almacenados en tanques de almacenamiento compatibles con la sustancia y a temperaturas menores a 20°C de preferencia menor a 15°C y el agua de preparación utilizada debe tener contenidos mínimos de metales que eviten la descomposición (cobre, cinc) o generen precipitados (Calcio y Magnesio) [8]. En aplicaciones mineras, los xantatos actualmente se ofrecen en forma de pelets a fin de reducir la generación de polvo durante su manejo, ver figura 4. Los xantatos bajo esta presentación han llegado a ser almacenados por periodos hasta 5 años, en ambientes secos y frescos, sin que el producto químico pierda sus propiedades colectoras, sin embargo, la recomendación de diversos fabricantes es mantener un almacenamiento menor a un año.

Los xantatos para usos industriales, presenta un olor característico a su alcohol correspondiente y su color puede fluctuar desde blanquecino para el PAX y amarillo para el SIPX, estas variaciones en la coloración del producto no significan variaciones en su poder colector. Las coloraciones blanquecinas se originan por el contacto del producto con el oxígeno del aire que ocurre en los procesos de fabricación de estos productos. Los xantatos en forma pura son esencialmente de color amarillo.



Figura 4. Xantato amílico de potasio
Fuente: Y&X Beijing Technology Co (2014)

1.5.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos del producto

Los xantatos de acuerdo con los códigos internacionales están clasificados como susceptibles de combustión espontánea y poseen una serie de peligros y riesgos debido a su naturaleza química

[9], los volúmenes importantes de xantatos que se manejan en las plantas de flotación requieren un conocimiento minucioso del manejo seguro de estas sustancias químicas.

Frente a los diversos reactivos de flotación que se usan en las unidades mineras, este producto presenta riesgos moderados, sin embargo, el desconocimiento del uso y manejo seguro y la desinformación de los fabricantes de colectores alternativos al xantatos lo hacen ver como un producto peligroso.

La experiencia en el adecuado manejo de estos productos lo tienen los fabricantes de xantato y muchos de ellos no difunden el conocimiento y sus experiencias en la gestión de este tipo de productos y en otras el operador minero no pone en práctica las recomendaciones del fabricante debido a que se enfocan más en el manejo y almacenamiento de otras sustancias químicas más peligrosas como lo son el cianuro de sodio, el sulfhidrato de sodio, nitrato de amonio, explosivos entre otros.

Los xantatos que no hayan sido preparados cumpliendo estrictamente los requisitos de calidad de los fabricantes especializados y así mismo no se transporten en las condiciones adecuadas, presentarán los siguientes peligros [10]:

- Descomposición del xantato; en la descomposición se generan productos que son tóxicos e inflamables como el disulfuro de carbono y potencialmente vapores de alcohol.
- Combustión; en ello se generan productos de combustión tóxicos como el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono y dióxido de carbono.
- Liberación de vapores inflamables; Las sustancias orgánicas volátiles de la descomposición pueden generar explosiones de bajo orden por ignición de estos componentes.
- Absorción; si se ingieren o se absorben cantidades significativas a través de la piel puede producir un daño o irritación aguda en la superficie de la piel del trabajador.
- Exposición; en exposiciones elevadas a largo plazo, los estudios en animales muestran que los xantatos dañan crónicamente el hígado y el sistema neurológico.

La estabilidad del xantato se ve afectada por:

- Largos períodos de almacenamiento a altas temperaturas
- Contenido de humedad (que acompaña al producto en pelet y la que es absorbida durante el almacenamiento)
- Duración del almacenamiento, y
- Contacto con soluciones acuosas con pH menores a 7

Los xantatos absorben fácilmente la humedad del aire, lo que puede acelerar la descomposición del mismo. La descomposición se puede acelerar cuando el producto entra en contacto con sustancias que tienen un pH menor que 7, generando productos de descomposición como el CS₂ que es el principal contaminante.

De acuerdo con lo mencionado los medios ácidos descomponen el xantato, pero también, los medios oxidantes y por hidrólisis en medios húmedos. La descomposición acelerada de los xantatos requiere además de temperaturas mayores a 25°C.

Para controlar y manejar el producto durante su transporte y almacenamiento el xantato sólido tiene una clasificación de clase 4.2 (combustión espontánea) según UN 3342 [9] y para mezclas líquidas se clasifica como clase 8 (corrosivo) sub-riesgo 6.1 (tóxico) según UN 2922 [10].



Figura 5. Clasificación de los xantatos en forma sólida [9]



Figura 6. Clasificación de los xantatos en forma líquida [10]

1.6. Problemática en el manejo de xantatos en las industrias mineras

En las convenciones internacionales de minería sobre flotación se abordan diferentes temas relacionados con las operaciones de flotación y un grupo de estos temas han estado relacionados con el las experiencias en el manejo de los xantatos y otros colectores de flotación alternativos al xantato [11 y 12].

Los principales inconvenientes que le atribuyen a los xantatos son:

1. Contaminación en la zona de preparación de reactivos por la generación de polvos en la preparación de los colectores que van a dosificarse en las celdas de flotación.
2. Tiempo de disolución del xantato en pelet el cual es relativamente largo.
3. Inconvenientes para la eliminación de envases (sacos, palets y cajas de madera) contaminados con xantatos.
4. Riesgos a la salud y seguridad en la limpieza de estanques y sumideros.
5. Riesgos de combustión espontánea en el almacenamiento de xantatos.
6. Riesgo de incendio por la descomposición de los xantatos generando alcoholes y bisulfuro de carbono.
7. Problemas de aglomeración o apelmazamiento de los productos sólidos.
8. Descomposición de los xantatos en solución acuosa (xantato líquido) y los problemas metalúrgicos asociadas al cambio de concentración.

2. PROPUESTA DE MEJORA Y MODELO DE DISTRIBUCIÓN

Dentro de la logística de productos químicos peligrosos se pueden definir de forma muy general los siguientes actores: Fabricante, Operador Logístico, Usuario Intermedio y Usuario Final.

La propuesta de mejora está enfocada al usuario intermedio y usuario final donde se han logrado identificar las deficiencias en el uso y manejo adecuado de los xantatos.

La propuesta de mejora puede ser aplicada en diferentes regiones de Sudamérica para abastecer el colector xantato a las principales operaciones mineras en su forma más adecuada y más segura para las operaciones.

2.1 Programa de manejo seguro de xantatos (PMS-XANTATOS)

El programa PMS-Xantatos para el manejo seguro de sustancias peligrosas consiste en un plan de actuación que se debe cumplir en un tiempo predeterminado, que contiene medidas para el uso, la manipulación, el almacenamiento, el transporte y la disposición de desechos, además de la comunicación de los riesgos que representan los Xantatos.

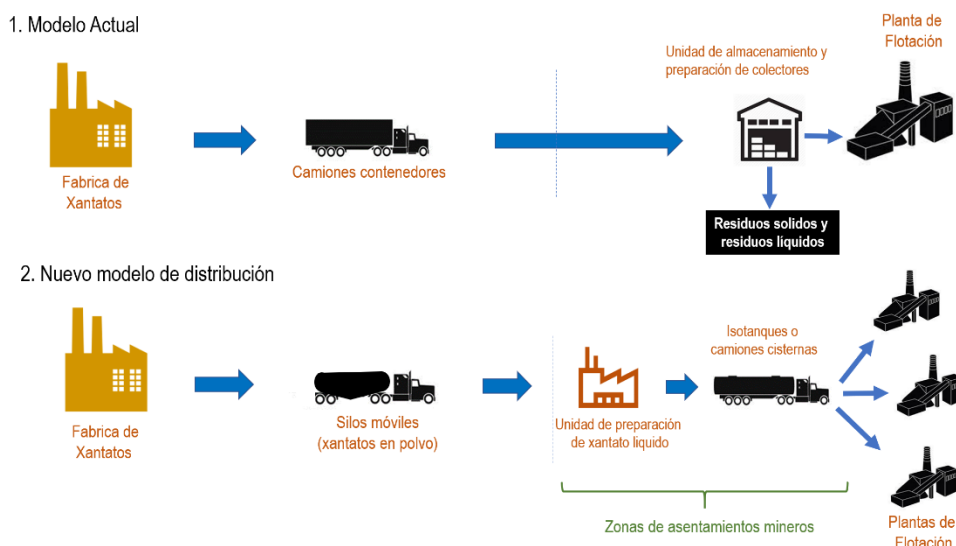


Figura 7. Modelos de distribución de xantato a las unidades mineras.

Los lineamientos principales de este programa son:

- Planificar el transporte y recepción de los xantatos teniendo a la mano los certificados de análisis, fechas de fabricación, las hojas de seguridad y una lista de verificación que indique que los contenedores tienen todas las señalizaciones de seguridad para el transporte.
- Designar responsables técnicos para el manejo de los diferentes reactivos para la flotación y entre ellos a uno especializado en el manejo de xantatos.
- Capacitar anualmente al equipo logístico para el adecuado manejo de los contenedores o de los xantatos envasados, y también debe incluir las capacitaciones por el mismo fabricante.

- Capacitar a los trabajadores de las unidades de preparación del colector (incluidos los contratistas pertinentes) para identificar los peligros asociados con los xantatos, incluidos los desechos del producto.
- Rotar el stock correctamente (el stock antiguo se utiliza primero), mantener la adecuada señalización y monitoreos. Debido a la naturaleza química del xantato pueden presentarse problemas de apelmazamiento o aglomeraciones en los contenedores a causa de un prolongado almacenamiento.
- Asegurar que las áreas de almacenamiento estén adecuadamente segregadas de los materiales incompatibles, tales como el metabisulfito de sodio, sulfato de cinc o sulfato de cobre.
- Almacenar las cajas de xantato de tal manera que se permita la ventilación suficiente para que se dispersen los vapores y eviten la acumulación de humedad.
- Los xantatos en contenedores flexibles (big bag) deben almacenarse en lugares secos, frescos y bajo techo, alejados de una fuente de calor y ambientes ácidos, de preferencia alejado de las zonas húmedas de preparación.
- Monitorear las condiciones de almacenamiento con una lista de verificación, esta verificación es muy recomendable para aquellas localidades donde el producto se encuentra almacenado a temperaturas superiores a 30°C.
- Incluir los equipos de protección personal como respiradores apropiados o máscaras de suministro de aire fresco, protectores para los ojos, como gafas protectoras, y ropa protectora, como los overoles, guantes y botas con la calificación adecuada para el uso, cuando sea necesario.
- Verificar los datos del producto antes de su uso, como la fecha de fabricación, de haber contenedores manchados o húmedos se debe medir la presencia de disulfuro de carbono (CS₂) en sus alrededores.
- Seleccionar los equipos de protección respiratoria para vapores de CS₂ y SO₂, los cuales puedan requerir de protección respiratoria con filtros o respiradores con suministro de aire.
- Monitorear los niveles de CS₂ en las zonas de almacenamiento del colector líquido (tanques stock) donde los niveles de exposición ocupacional son los más altos.
- Durante la recepción del producto sólido en los contenedores de transporte, medir la presencia de CS₂ y asegurar una ventilación adecuada antes de ingresar.
- Implementar el monitoreo estático continuo de CS₂ en áreas de mezcla y almacenamiento. Si se detecta CS₂ en el almacenamiento, utilice imágenes térmicas para identificar contenedores / cajas sospechosas.
- Exigir al fabricante la identificación tanto de los envases externos como internos, debido a que los distribuidores usualmente retiran el envase externo dejando al producto con una identificación de riesgo deficiente y genera un desconocimiento del manejo seguro del producto.
- Evitar los impactos directos al contenedor, ya que pueden dañar los envases. De ocurrir el daño, trasvasar o usar inmediatamente el producto.
- Conservar el producto en su envase y cerrado para evitar el ingreso de aire y agua y de esa manera mantener sus propiedades colectoras.
- Almacenar el producto en lugares techados y cubiertos con el objeto de evitar el deterioro de los envases por exposición a los rayos solares.
- Usar las guías de almacenamiento y manejo de líquidos inflamables y combustibles para responder apropiadamente ante la posibilidad de liberación de vapores inflamables generados por la descomposición del xantato.
- El tanque stock del colector debe ser instalado fuera de toda actividad o fuente de ignición, el contacto con los vapores de solventes generaría explosiones e incendios, estos tanques de stock deben ser ventilados para prevenir la acumulación de CS₂. Los controles de manejo requieren de una ingeniería que permita ventilar e inertizar los tanques de almacenamiento y reducir de esa manera los riesgos de exposición debajo de los límites permisibles
- El manejo de los xantatos envasados en la unidad de preparación del producto presenta pocos riesgos, sin embargo, es necesario tener en cuenta:
 - El vaciado del producto en los tanques de preparación el cual debe realizarse lentamente para evitar la generación de polvos en suspensión y,
 - Para la preparación el personal debe estar equipado con anteojos anti salpicaduras, respiradores y guantes de goma.
- El programa debe tener Procedimientos tales como:
 - Procedimiento de análisis de metales cobre, cinc, plomo, calcio y magnesio en aguas de preparación.
 - Procedimientos estándar para el transporte interno manual y mecánico de xantatos envasados.
 - Procedimiento para la determinación del contenido de xantatos en solución acuosa.

- Procedimientos estándar para la manipulación de sustancias peligrosas.
- Procedimientos estándar para el trasvase de sustancias peligrosas.
- Procedimientos estándar para el almacenamiento de xantatos.
- Procedimientos estándar para la disposición de desechos relacionados con el xantato.

Los programas de manejo seguro de xantatos deben ser implementados con el acompañamiento del fabricante el cual debe certificar que las instalaciones cuentan con las medidas de seguridad necesarias para el manejo de xantatos.

2.2 Especialización en el manejo de xantatos en las unidades mineras

Los diseñadores de plantas de flotación suelen omitir consultar a los fabricantes de los reactivos de flotación las características técnicas de las unidades de preparación de reactivos, tal es así, que se generan incidentes que pudieron prevenirse desde la construcción.

Los problemas técnicos de diseño son atribuidos al producto, tal es así, que optan por la búsqueda de reemplazos para los reactivos usados antes que una mejora de las instalaciones de las zonas de preparación; a la fecha se busca reemplazos para el cianuro de sodio, sulfhidrato de sodio y de otros reactivos por desconocimiento de su adecuado manejo sacrificando eficiencias en las recuperaciones de los minerales valiosos.

En ese sentido en las construcciones de las unidades de preparación se debe tener en cuenta:

- Solicitar e incluir las recomendaciones técnicas de los fabricantes.
- Seguir la jerarquía de controles para que el riesgo sea tan bajo como sea razonablemente alcanzable y en un nivel aceptable. Con respecto a la seguridad del proceso, también se deben realizar evaluaciones de riesgo apropiadas, como un HAZOP, para identificar otras medidas preventivas y mitigantes.
- Utilizar las campanas de extracción con depuradores para eliminar el polvo de xantato de la mezcla.
- Asegurar que el equipo eléctrico en las áreas de mezcla, almacenamiento y limpieza de xantato cumpla con la serie AS / NZS 60079 Atmósferas explosivas, y que las áreas de almacenamiento y mezcla de xantato se evalúen adecuadamente según esta norma.
- Instalar camisas de enfriamiento en cualquier tanque stock de almacenamiento de xantato líquido.

2.2.1. Uso de xantatos de los procesos de fabricación con solventes.

Los xantatos producidos a partir de procesos de fabricación con solventes alifáticos contienen muy bajos niveles de álcalis libres inclusive menores a 0.1%, los solventes utilizados en el proceso permiten obtener alta conversión química y una cinética de conversión mucho más rápida que los procesos convencionales de fabricación sin solvente.

El contenido de álcali libre (hidróxidos de sodio o potasio) que no ha logrado reaccionar le confieren propiedades de inestabilidad al xantato, debido a que al entrar en contacto con la humedad se inicia el proceso de descomposición lenta y a su vez le confiere al xantato un grado de peligrosidad; y si se suma un ambiente caliente con valores mayor a 40°C puede incrementar el riesgo de combustión espontánea, en América se tienen plantas de fabricación con este tipo de tecnologías como los de Alkemin y Reactivos Nacionales S.A. Los operadores mineros deben poner especial atención a los niveles de álcalis de los xantatos terminados y adquiridos para sus actividades de flotación y preferentemente deben ser obtenidos de procesos de fabricación con solventes.

2.2.2. Uso de xantatos en polvo de alta pureza

Los xantatos fabricados con procesos de fabricación con solvente entregan productos en polvo de alta pureza y bajos niveles de humedad, tal como se puede ver en la tabla 2, estas características de humedad le infieren propiedades estables al xantato y reducen los riesgos de descomposición y conservan su pureza por tiempos prolongados mayores a un año, es notable el nivel de calidad del PAX en polvo con un contenido de materia activa (MA) alrededor de 98.5% y valores de humedad menores a 1%.

Tabla 2. Composición de los xantatos para las aplicaciones industriales,
Fuente: Reactivos Nacionales S.A.

Xantato	Xantato en Pelet	Xantato en Polvo
PAX	91% MA y 7 %Humedad	98.5 % MA y 0.5%Humedad
SIPX	86%MA y 12 %Humedad	91.7 % MA y 7.3 %Humedad
SIBX	86.5% MA y 10.5 %Humedad	93.8 % MA y 5.2 %Humedad

En esta propuesta es recomendable el uso de productos en polvo y para ello el operador minero debe instalar una infraestructura necesaria para la manipulación de xantatos en polvo. Es fundamental que las unidades de preparación de soluciones de xantatos con productos en polvo

estén provistas de campanas extractoras de polvo o medios herméticos de manipulación normalmente no se toman en cuenta estos equipamientos en el diseño inicial de las plantas de flotación.

2.3. Transporte de xantato en polvo y preparación de xantatos en solución acuosa en las unidades mineras.

A menudo la sustitución parcial o total de los xantatos por colectores de otra familia química menos peligrosa no es factible debido a las características metalúrgicas del mineral. Sin embargo, se puede sustituir el xantato sólido por xantato en solución acuosa (xantato líquido) esto eliminaría los pasos de preparación (dilución) y la necesidad de almacenar y manipular el producto químico en sólido. Este modelo de distribución elimina los principales inconvenientes relacionados con los contenedores de los xantatos (cajas de madera y contenedores flexibles contaminados), debido a que el transporte se realizaría con silos móviles los cuales movilizarán el producto en grandes cantidades, tal como lo hacen para la distribución de óxido de calcio (Ca).

El rendimiento de la preparación de xantatos líquidos a partir del producto en polvo reduciría la generación de sedimentos que cuando se prepara a partir de xantato en pelet.

Los xantatos en polvo se pueden transportar directamente desde los fabricantes teniendo en cuenta que su logística debe permitir el manejo bajo esta presentación, seguido de la ubicación de plantas de preparación para posteriormente atención a las unidades mineras con las soluciones acuosas de xantato. Para lograr este objetivo se debe cambiar la forma de transporte adecuado para este tipo de producto (xantato en polvo), lo óptimo son en silos móviles cuyas capacidades estarían entre 20,000kg a 25,000kg.



Figura 7. Silos móviles para productos en polvo
Fuente: Leiths, <https://www.leiths-group.co.uk/>

El xantato líquido se puede preparar directamente con el contenedor conectado a un circuito de preparación [8]. Los productos pueden ser almacenados y conservados en stock en los silos móviles por largos periodos de tiempo manteniendo la fluidez del polvo.

El uso de xantatos bajo esta forma de distribución reduce a cero el uso de contenedores flexibles, palets de manipulación y cajas de madera y, por consiguiente, la generación de residuos contaminados disminuye a cero.

2.3.1. Uso de xantatos en solución acuosa en las plantas de preparación de xantatos líquidos.

En temas de flotación es necesario que las soluciones acuosas de xantatos sean preparadas y dosificadas en la concentración correcta y considerando todos los controles para medir la concentración del contenido de materia activa (MA).

Se ha encontrado que en las operaciones mineras la preparación del colector no se realiza adecuadamente, el agua utilizada tiene un sin número de impurezas, entre ellas se tiene los iones metálicos y el oxígeno disuelto que al reaccionar con las moléculas de xantatos forman precipitados u otras sustancias causantes de una descomposición gradual del xantato, además de las desviaciones en los balances de materia no entregan una concentración correcta para la dosificación del colector.

En este punto la estrategia del nuevo modelo consiste en instalar unidades de preparación de xantatos en solución acuosa (xantatos líquidos) en regiones de alta concentración de plantas de flotación y desde allí establecer las conexiones con las unidades mineras, abasteciendo un colector en solución acuosa, fresca, con la concentración adecuada y libre de sedimentos.

Las unidades de preparación de xantatos líquidos están conformados principalmente de equipos de desionización del agua, cuya razón de su aplicación es remover los iones metálicos que reaccionan con el xantato, tanques de mezcla, instrumentos para determinar la concentración de xantatos en las soluciones (equipos de UV-visible) y sistemas de filtrados que garantizan un producto adecuado y limpio para la flotación. Para los asentamientos mineros donde la temperatura ambiental supera los 35°C es necesario distribuir el xantato líquido con tanques de enfriamiento a 20°C para evitar la descomposición excesiva de las soluciones de xantato.

Es factible realizar la distribución de los xantatos en solución acuosa en isotanques o camiones tanques hasta los asentamientos mineros, tener en cuenta que los contenedores deben estar previstos de aislamiento térmico para prevenir: el calentamiento del colector y por consiguiente la descomposición por altas temperaturas o la precipitación del xantato por enfriamiento excesivo y posterior precipitación de los cristales.

Bajo este esquema el operador minero reduce enormemente parte de sus actividades de preparación del colector y les confía la preparación a empresas especializadas o de preferencia a los fabricantes de xantatos los cuales controlan adecuadamente la química del proceso, la seguridad en la preparación y los cuidados ambientales.

2.4. Proceso de tratamiento de residuos industriales líquidos con contenidos de xantatos.

Los residuos líquidos derivados de las actividades de preparación de los xantatos deben ser tratados para eliminar las moléculas residuales. Cabe mencionar que las moléculas de xantato en contacto con el oxígeno y los rayos ultravioletas sufren una lenta descomposición natural, sin embargo, para acelerar el proceso de remoción se requiere del uso de mecanismos de tratamiento físico químicos más especializados, los cuales facilitan la limpieza y remoción de las aguas de procesos. En la actualidad existen dos alternativas bien desarrolladas las cuales son:

2.4.1 Tratamiento con Cloruro férrico

El cloruro férrico y el cloruro ferroso, reaccionan con los iones de xantatos para dar xantogenatos de baja solubilidad, estas moléculas se coagulan y floculan para dar sedimentos que posteriormente se puedan remover mecánicamente y logren limpiar las aguas residuales que van de 400 mg/l hasta valores menores a 5 mg/l, tienen una alta eficiencia de remoción e inclusive es factible para elevadas concentraciones de aguas con altos contenidos de xantatos superiores a 4000 mg/l. Esta tecnología requiere de condiciones de operación de pH 9, el uso de tanques de mezclado y sedimentadores rápidos, los floculantes adecuados son del tipo no iónico. Este método de tratamiento ha resultado eficiente para remover iones de los xantatos de alcoholes isobutílico, isopropílico y amílico.

Los iones férricos usados para el tratamiento pueden ser provistos por fabricantes locales en la presentación de soluciones de cloruro férrico al 40% o pueden ser generados en planta por electrocoagulación.

2.4.2 Proceso de tratamiento con oxidación avanzada.

Para efluentes con contaminantes diversos y de entre ellos los xantatos, los procesos de oxidación avanzados han resultado eficaces para la destrucción no solo de los iones de xantatos sino de diversas moléculas orgánicas. Este método de tratamiento requiere del uso de oxidantes como el peróxido de hidrógeno, catalizadores como iones férricos o ferrosos, rayos UV y reguladores de pH. El resultado del tratamiento químico son aguas con concentraciones de iones xánticos con valores inferiores a 10 mg/l [13]. A diferencia del proceso de tratamiento con el cloruro férrico, que es específico solo para iones xánticos, el método de tratamiento por oxidación avanzada destruye todo tipos de colectores orgánicos por ejemplo ditiofosfatos, tionocarbamatos y otras sustancias orgánicas.

3. CONCLUSIÓN

1. El modelo propuesto permite hacer un adecuado manejo de los residuos generados por la manipulación y manejo de los xantatos, en este punto el fabricante es el más recomendado para acompañar al operador minero en la correcta disposición final de los residuos y sobre todo en el tratamiento de las aguas residuales.
2. Actualmente se estaría manejando a nivel mundial 294,000 toneladas de xantato en las unidades mineras lo que representaría la eliminación de 1,099 toneladas de contenedores flexibles y alrededor de 27,670 toneladas de madera contaminados con xantatos, el cual causa preocupación para las compañías mineras que tienen que sustentar el cumplimiento de sus objetivos de sostenibilidad, sin embargo los desechos de los contenedores flexibles están siendo dispuestos rellenos sanitarios que en el futuro puede presentar problemas ambientales, por ello es necesario adoptar medidas que acompañen la sostenibilidad de la as actuales operación mineras.
3. Se presenta un nuevo modelo de distribución enfocado a la minimización y eliminación de residuos en comparación del actual modelo de distribución (distribución por cajas y contenedores flexibles), a esto se suma las ventajas de ofrecer colectores de flotación de alto valor (xantato líquido) en concentraciones controladas y libres de materiales ajenos al reactivo de flotación.
4. El programa de manejo seguro de xantatos (PMS-XANTATOS) contribuye al manejo seguro en la preparación y manipulación de los xantatos, es necesario que las compañías mineras adopten estas medidas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores de las unidades de preparación de xantatos, las recomendaciones que se describen en el PMS-

XANTATOS son resultados de años de experiencia de los fabricantes de xantatos y pocas veces se ha puesto a disposición de los consumidores de xantatos.

5. El xantato es el colector de flotación más usado y de mayor vigencia en las plantas de flotación, a pesar de que las mismas unidades mineras le hayan asociado ciertos riesgos ocasionados por la falta de controles adecuados en el manejo del producto, se espera que este colector permanezca en el mercado por varias décadas más, por lo que los operadores mineros deberían direccionar sus objetivos, aprendiendo a manejar el xantato y así aprovechar los beneficios metalúrgicos que trae consigo la aplicación del xantato en la minería.

4. REFERENCIAS

- [1] Castañeda, Miguel (2017). Los objetivos de desarrollo sostenible y la sostenibilidad corporativa del sector minero. Lima: Gerens / Escuela de postgrado.
<https://gerens.pe/blog/objetivos-desarrollo-sostenible-sostenibilidad-corporativa-sector-minero/>
- [2] Bulatovic, Srdjan (2007), Handbook of flotation reagents – volume 1, Elsevier science & technology books, USA.
- [3] Azareño, Angel (2015), Flotación y concentración de minerales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Editorial colecciones Jovic, Perú.
- [4] Persistence Market Research, Xanthates Market: Global Industry Trend Analysis 2012-2016 and Forecast 2017-2025, 2017.
- [5] Wang, Dianzou (2016), Flotation Reagents: applied surface chemistry on minerals flotation and energy resources beneficiation, Volumen 2: Applications, Metallurgical industry press - Springer, China.
- [6] Crozier, Ronald (1992), Flotation: Theory, reagents and Ore testing, pergamon press, Great Britain.
- [7] Sutolov, Alexander (1963), Flotación de minerales, Concepción - Chile, Instituto de investigaciones tecnológicas, Universidad de concepción, Chile.
- [8] American Cyanamid company (1984), Aero Xanthate Handbook, Mining Chemical department Wayne, New Jersey, USA.
- [9] Naciones Unidas (2013), Transporte de mercancías peligrosas – Volumen I, Decimoctava edición revisada New York, USA.
- [10] Queensland Department of Natural Resources and Mines, Mines safety bulletin nº. 171 | 04 April 2018 | Version 1, Australia.
- [11] Valenzuela, Nefer (2016). “Avances en la Química de Flotación: productos alternativos al Xantato” II congreso internacional de flotación de minerales, Lima, Perú.
- [12] Quintanar, Carmina (2018). “Reactivos XR: una alternativa segura y selectiva al xantato”. III congreso internacional de flotación de minerales, Lima - Perú.
- [13] Cifuentes, Gerardo; Herrera, Carmen Siqueira, Marco; Moura, Andréa (2013), “Sodium isopropyl xanthate degradation by advanced oxidation processes”, Minerals Engineering 45 (2013) 88–93

Efecto en el desempeño de las Cartas de Control Shewhart por Variables, al realizar mediciones con métodos de muy baja apreciación.

Barrea, Leonardo

Facultad de ciencias exactas, ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario
Pellegrini 250. Rosario. leonardobarrea@yahoo.com.ar

Resumen

Los Gráficos de Control son herramientas estadísticas “en línea” que permiten evaluar la estabilidad de un proceso. Los más conocidos y utilizados en la industria son los de Shewhart. Sus resultados teóricos están basados en supuestos que no siempre se cumplen y que rara vez son verificados por quien los aplica. Entre los supuestos, se destaca el de la distribución normal del estadístico utilizado. Existen trabajos e investigaciones en cuanto al estudio del comportamiento de los Gráficos de control ante la falta de normalidad debida a distribuciones asimétricas o con presencia de valores atípicos. De ellos surge que los riesgos reales de falsa alarma pueden ser mayores que los supuestos.

Otro motivo de la ausencia de distribución Normal, y que ha sido muy poco estudiado, involucra al proceso de medición. En ciertos procesos, se controlan variables continuas, pero la apreciación de los métodos de medición es relativamente muy baja, lo cual da como resultado que luego de la medición surge una variable con distribución discreta y pocos valores distintos.

En este trabajo se analiza el desempeño de los Gráficos de Control Shewhart en situaciones donde se mide con baja apreciación. El desempeño se analiza comparando los riesgos de falsa alarma reales versus los teóricos bajo suposición normal. Se realiza en distintos escenarios considerando factores como tipo de distribución de la variable y tamaño de muestra. Se considera que los gráficos de control son en fase 2, es decir, que se conoce previamente el valor de los parámetros del proceso. En los distintos escenarios se observa generalmente que los riesgos reales toman valores inadecuados. Se destaca que esto ocurre inclusive si la variable originalmente tiene distribución normal. Si además la distribución de la variable es asimétrica, se agravan las diferencias entre lo real y lo teórico o pretendido.

Palabras Claves: Gráficos de Control – Shewhart – Baja apreciación - Riesgos

Abstract

Control Charts are "on line" statistical tools that allow evaluating the stability of a process. The most known and used in the industry are Shewhart's. Its theoretical results are based on assumptions which are not always fulfilled and that are rarely verified by whom that applies them. Among the assumptions, one that stands out is the normal distribution of the statistic used. There are works and investigations regarding the study of the behavior of the control charts in relationship of the absence of normal distribution due to asymmetric distributions or with the presence of atypical values. They show that real risks of false alarm may be greater than the assumed ones. Another reason for the absence of Normal distribution, and that has been very little studied, involves the measurement process. In certain processes, continuous variables are controlled, but the appreciation of the measurement methods is relatively very low, which results, after the measurement, in a variable with a discrete distribution and few different values.

This paper analyzes the performance of the Shewhart Control Charts in situations where the variable is measured with low appreciation. Performance is analyzed by comparing actual versus theoretical false alarm risks under normal assumption. It is carried out in different scenarios considering different factors such as type of distribution of the variable and sample size. The control charts are considered to be in phase 2, that is, the value of the process parameters is previously known.

In the different scenarios, it is generally observed that the real risks take on inappropriate values. It should be noted that this occurs even if the variable originally has a normal distribution. If, in addition, the distribution of the variable is asymmetric, the differences between the real and the theoretical are even worse.

Keywords: Control Charts – Shewhart – Low appreciation – Risks

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad ha ido evolucionando a lo largo de los años. En una de las etapas de dicha evolución aparece el Control Estadístico de la Calidad, en el cual se introduce el concepto de la variabilidad de los procesos y aparece el objetivo de disminuirla, apoyándose en la aplicación de herramientas estadísticas. La disminución de la variabilidad trae como consecuencia directa la mejora de la calidad, se logran procesos estables, predecibles y capaces de cumplir requerimientos del cliente.

En Control Estadístico de la Calidad puede hablarse de control en línea o control fuera de la línea. El control en línea, a diferencia del otro, se realiza continuamente mientras el proceso se va ejecutando o va transcurriendo. La principal herramienta en línea son los Gráficos de control que, principalmente, permiten evaluar la estabilidad de un proceso en el tiempo.

Mientras se ejecuta un proceso de producción se busca, en primer lugar, que su desempeño se mantenga estable. El hecho que el proceso sea estable es fundamental porque permite que el mismo sea predecible y a su vez pueda conocerse de manera fehaciente si es capaz de satisfacer sus requerimientos.

El comportamiento del proceso se analiza a través de sus características (variables) principales. En general, dicho comportamiento, se determina con un valor de tendencia central (como lo es un promedio en la mayoría de los casos) y una medida de variabilidad (desvío estándar o rango generalmente). Además, siempre subyace la “distribución” de la variable, que es un modelo probabilístico que describe los patrones de variación.

Cuando transcurre un proceso, se busca que haya una regularidad, es decir, que las fuentes de variabilidad que no se pueden eliminar generen siempre el mismo efecto a lo largo del tiempo logrando un patrón de variabilidad estable y por consiguiente, una distribución de las variables analizadas que no sufre cambios en el tiempo. Entonces, cuando ocurre una causa de variabilidad aislada o extraña, se ve reflejada en un cambio de la distribución de la variable. Las causas que actúan todo el tiempo y que no se pueden eliminar se llaman “causas naturales de variación”, las que ocurren de manera espontánea y aislada se las llama “causas asignables”. Un proceso “Bajo Control” es aquel en que solo actúan causas naturales de variación y por lo tanto la distribución de la variable controlada es la misma a lo largo del tiempo. Esta situación se ve representada en la figura 1.

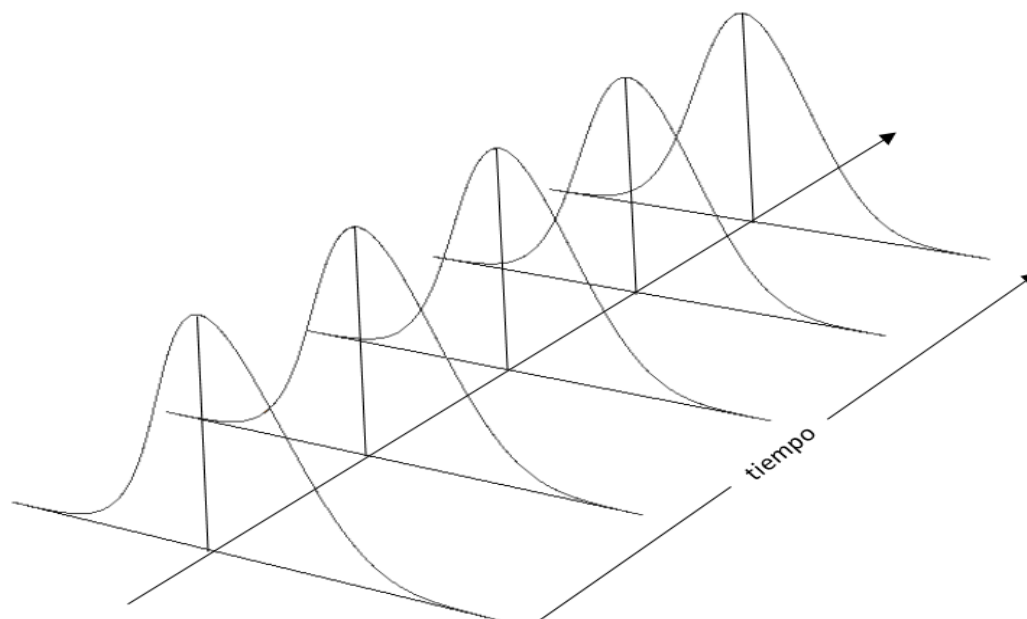


Figura 1 *Proceso estable en el tiempo*

Por el contrario, cuando actúan causas asignables y la distribución sufre cambios se dice que el proceso está “Fuera de control”, en la figura 2 se observa un caso en el que cambió solamente el promedio.

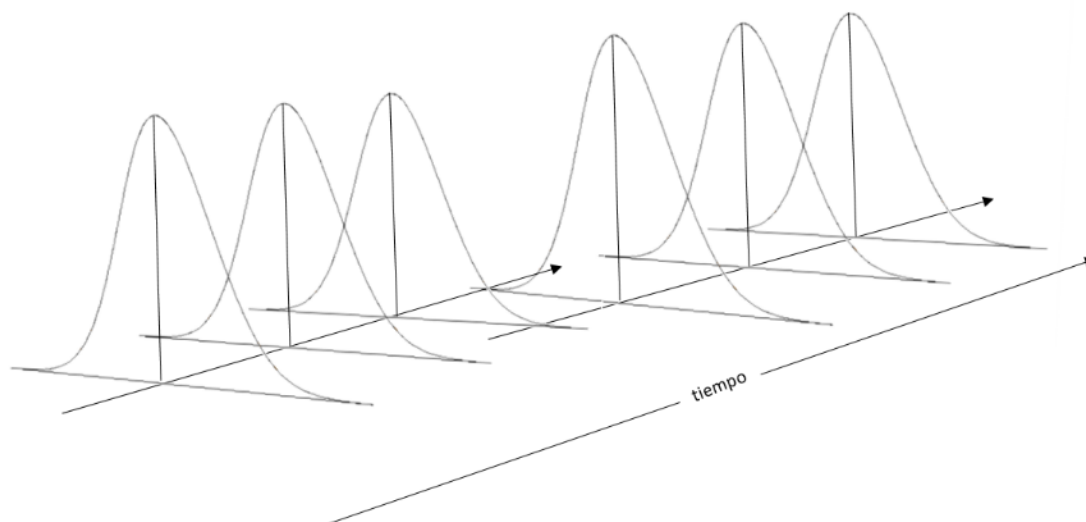


Figura 2 Proceso no estable en el tiempo (cambio en el promedio)

1.1 Cartas de control Shewhart

Los gráficos de control se basan en la idea de distinguir la presencia de causas asignables de variación de la variabilidad natural del proceso. Son una herramienta de inferencia estadística ya que se trabaja con muestras tomadas con cierta periodicidad, es decir, se eligen momentos determinados y se realizan reiteradamente observaciones de la variable objeto de seguimiento. Los gráficos de control se basan en la técnica de inferencia estadística “Test de hipótesis”.

Esta herramienta puede aplicarse en una situación inicial donde se pone en marcha un proceso. En ese caso, se desconoce qué valores toman los parámetros de la distribución de la variable, entonces, los gráficos de control cumplen la doble función de analizar la estabilidad y estimar los parámetros. En este caso se llaman gráficos de control en Fase 1. En una situación posterior, cuando ya se conoce que el proceso se estabilizó en ciertos valores para sus parámetros, los gráficos cumplen la función de controlar que el proceso siga estable en esos valores conocidos. Este caso corresponde a gráficos de control en Fase 2

Los primeros conceptos de cartas de Control fueron desarrollados por Walter A. Shewhart de los Bell Telephone Laboratorios en la década de 1920 [1] con el principal objetivo de realizar seguimiento de grandes volúmenes de productos para que los mismos cumplan las especificaciones que el mercado demandaba.

La primera gran clasificación que realizó Shewhart fue según si se realiza seguimiento a una variable cuantitativa o cualitativa, surgiendo así las cartas de control por variable y cartas de control por atributo respectivamente. Cuando la carta de control se realiza para una variable cuantitativa, generalmente se realiza el seguimiento a los parámetros media y desvío estándar de la variable. El gráfico de control comúnmente utilizado se llama $\bar{X} - R$. La fórmula para el cálculo de los límites en cualquiera de las dos fases que se aplique se basa en la misma idea general. Para cada parámetro que se controla, se define primero su estimador muestral, que a su vez es también una variable con un promedio y un desvío estándar. Luego, con las dos estimaciones correspondientes (si es en Fase 1) o con los dos valores conocidos (si es en Fase 2), y basándose en la regla empírica de la distribución normal, se calculan los límites sumando y restando tres veces el desvío estándar del estimador al promedio. La regla empírica indica que si una variable tiene distribución normal (conocida también como campana de Gauss) hay una probabilidad de 0,9973 de que un valor se encuentre en el intervalo media ± 3 desvíos, por lo que se puede afirmar que, si en el proceso solo actúan causas naturales de variación, hay una probabilidad cercana a uno (0,9973) de que el punto obtenido a partir de la muestra caiga dentro de los límites de control. Esto se visualiza en la figura 3, en un caso donde el promedio es de 251,1 y el desvío de la media 1,5. La forma de llamar comúnmente a los gráficos de control utilizando esta regla y el factor multiplicativo 3 para la amplitud de los límites es “amplitud 3σ ”.

Los límites de control son dos percentiles de la distribución del estimador. Si se llama a la probabilidad de falsa alarma como α (es la forma como suele denotarse en el ámbito de la estadística), los límites de control son los percentiles $\alpha/2$ y $1-\alpha/2$. Cuando el gráfico es 3σ , las probabilidades acumuladas son 0,00135 y 0,9985 para ambos percentiles respectivamente.

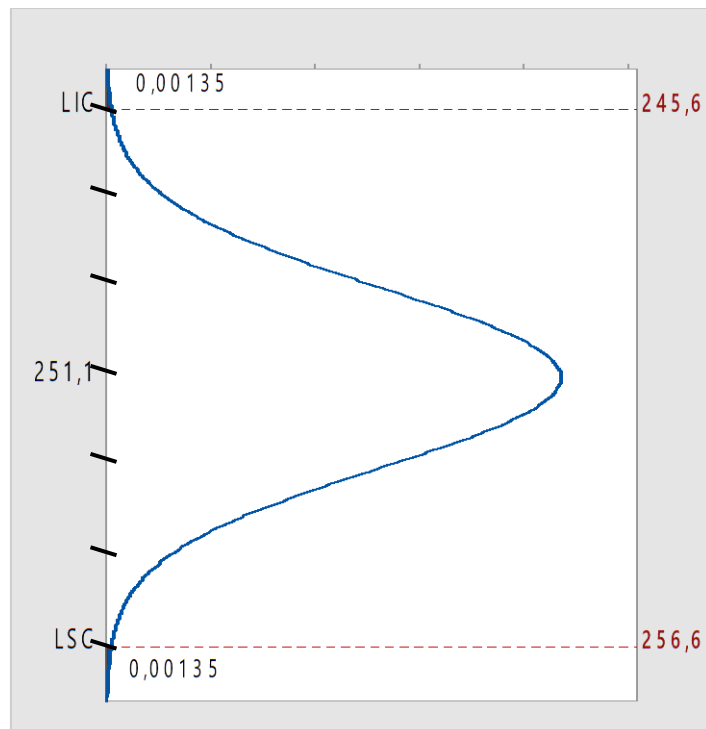


Figura 3 Límites de control "3σ"

A continuación se describe la carta de control \bar{X} -S en una situación de Fase 2:

Los valores previamente conocidos de ambos parámetros se simbolizan μ_0 y σ_0 .

- Parámetros que se controlan: Media (μ_0) y Desvío estándar (σ_0)
- Estimadores muestrales: media muestral (\bar{x}) y desvío estándar muestral (s)
- Distribución de probabilidad de los estimadores: $\bar{X} \sim N\left(\mu_0, \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}\right)$ y $S \sim N(\sigma_0, \sigma_s)$
- Límites de control:

$$\text{Para la media: } \mu_0 \pm 3 \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$\text{Para el desvío: } (\sigma_0 \cdot c_3; \sigma_0 \cdot c_4) \quad (2)$$

Tanto c_3 como c_4 dependen del tamaño de muestra y se encuentran tabulados.

Como en los límites para el desvío aparecen las constantes multiplicativas c_3 y c_4 , si c_3 toma el valor 0, el límite inferior también valdrá 0 independientemente del valor de σ . Esto sucede para valores del tamaño de muestra chico.

1.2 Supuestos sobre la distribución de la variable y el estimador

Los cálculos expuestos anteriormente para la obtención de los límites de control Shewhart están basados en la suposición de distribución normal del estadístico. Además, al calcular los límites se fija un valor para la probabilidad α y también queda determinado un valor de β para un cambio de interés en el parámetro. Esto quiere decir que el cumplimiento del supuesto de distribución normal es de vital importancia para tomar decisiones con riesgos controlados.

El supuesto de distribución normal del estimador puede no cumplirse en muchas situaciones porque la variable que se controla no tiene distribución normal y el tamaño de muestra es chico. Teniendo en cuenta esta situación, han surgido muchos trabajos e investigaciones a lo largo de los años que estudian en detalle las consecuencias [2,3] y sugieren nuevas alternativas de gráficos de control [4]. Muchas propuestas, ante el problema de la no existencia de la distribución normal, se basan en la Estadística no paramétrica, esto es, realizar inferencia sobre parámetros sin la necesidad de suponer una distribución específica del estadístico. Algunos de estos métodos se basan en estadísticos de orden, como la mediana. También se definen estadísticos donde se reemplaza el valor de una magnitud medida por un rango que solo indica si una magnitud es menor o mayor a otras. La ventaja de trabajar con estas técnicas es que, ante el no cumplimiento de distribución normal, la validez de todos los cálculos involucrados sigue siendo la misma ya que no depende de ese supuesto. Los métodos con esta característica se denominan robustos.

Una situación diferente a las mencionadas y que no ha sido tomada en cuenta por los investigadores, y que además, puede presentarse con cierta asiduidad en aplicaciones reales es la pérdida de información al medir una variable continua de manera tal que se terminen truncando decimales o

dígitos de manera excesiva. Esto sucede, por ejemplo, si se cuenta con sistemas de medición con poca apreciación y al obtener los datos de una muestra de una variable continua se puede encontrar que los valores se repiten muchas veces y se cuenta con una distribución con pocos valores distintos. Aplicar gráficos de control en situaciones como estas podría tener consecuencias en los riesgos reales α y β .

1.3 - Medición de variables aleatorias continuas con métodos de baja apreciación.

Las variables aleatorias continuas son aquellas en las que su recorrido, es decir, el conjunto de valores que pueden tomar, es un intervalo de números reales. Este concepto es netamente teórico ya que el conjunto de los números reales es una construcción matemática abstracta. Se trata de un conjunto denso, lo que significa que entre dos puntos cualesquiera existen infinitos puntos, además, un número real queda determinado cuando se conocen sus infinitas cifras decimales.

Sin embargo, en cualquier situación real en la que se mida una variable continua, es claramente imposible obtener sus infinitas cifras decimales. Solo es posible conocer el valor con un número finito de cifras, dependiendo del método y características de la medición. Esto significa que el conjunto de posibles valores de la variable que surge, luego del proceso de medición, no es un intervalo de números reales, sino un conjunto discreto, es decir, un conjunto con valores aislados.

La consecuencia de esto es que al medir una variable continua en cualquier situación real, se pierde información y se trabaja con observaciones de una variable discreta.

Esta pérdida de información que se da al descartar cifras decimales en el proceso de medición suele llamarse de manera coloquial como “redondeo”. En el ámbito de la metrología, se define la apreciación del instrumento de medición como la mínima división de la escala que posee o, en caso de ser un instrumento digital, como el valor del dígito menos significativo (de menor magnitud) que se indica. Por ejemplo, al medir una corriente eléctrica con un tester digital que tiene como dígito menos significativo el tercero después de la coma, es decir, el correspondiente a 1 mA, tendrá como apreciación esa misma magnitud. Si el tester es analógico, la apreciación quedará determinada por la magnitud que corresponde a la distancia que hay entre dos mínimas marcas consecutivas de la escala.

1.3.1 - Función de densidad y función de probabilidad puntual de las variables antes y después de la medición.

En la distribución de la variable, antes y después de ser medida, el efecto “redondeo” se refleja en que se pasa de una curva de densidad a una función de probabilidad puntual. Luego de la medición, solo presentan probabilidad distinta de cero un número finito de valores. Se puede pensar que el proceso de medición define una nueva variable correspondiente al valor obtenido en la medición que es función de la original. Esta función es del tipo “redondeo”, “truncamiento”, etc., donde a cada subintervalo de números reales se le hace corresponder un único número real, y, por ende, la probabilidad de cada valor medido posible es la misma que la del subintervalo del cual se corresponde. En la figura 4 se observa un ejemplo de una función de densidad de una variable continua positiva (a) y las probabilidades de los valores posibles al utilizar un instrumento de medición que trunca todos los decimales (b).

La probabilidad que tiene cada valor posible luego de la medición es igual al área bajo la curva en el intervalo correspondiente. Por ejemplo, si se cuenta con un instrumento que mide en valores enteros de una determinada unidad de medida, la probabilidad de obtener el valor 4 corresponde a la probabilidad de que la variable tome valores entre 3,5 y 4,5, es decir, al área bajo la curva en el intervalo (3,5 ; 4,5). Tanto esta área como la probabilidad puntual correspondiente se resaltan en la figura 4. Los correspondientes valores son: $P(3,5 < X < 4,5) = 0,1510 = P(X' = 4)$.

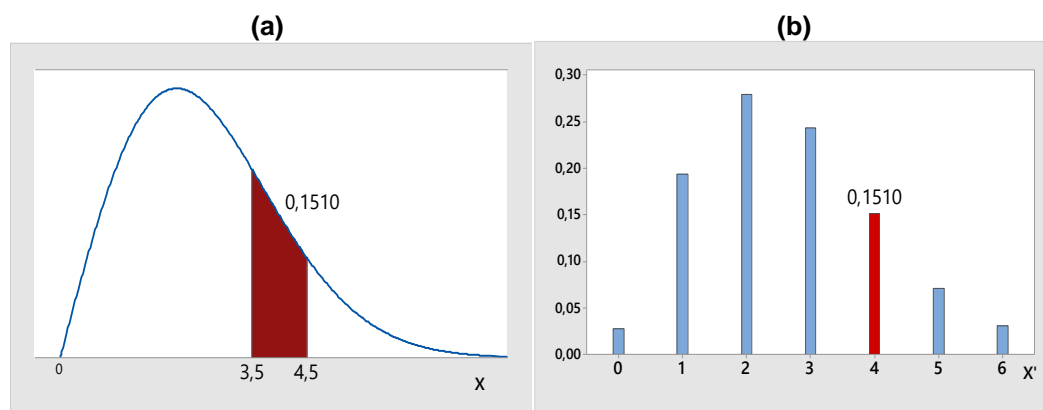


Figura 4 Función de densidad de la variable continua X (a) y función de probabilidad puntual de la variable discreta luego de la medición X' (b)

El truncamiento que produce el empleo de un sistema de medición de baja apreciación puede no significar ningún inconveniente. De hecho, si la distribución discreta obtenida tiene una alta cantidad de valores, se puede pensar que esa situación no traería consecuencias en las conclusiones que se obtengan. Pero si, por el contrario, luego de medir la variable se obtienen solo pocos valores posibles, significa que, debido al redondeo, podría distorsionarse la distribución. Las probabilidades acumuladas hasta un valor "a" ($P(X \leq a)$), podría ser muy diferente si se calcula a partir de la función de densidad o a partir de la función de probabilidad puntual, dado que esta última es discontinua. Esto mismo pasa con la probabilidad α .

La distorsión que se produzca en las probabilidades acumuladas depende de la cantidad de valores distintos que tome la variable discreta, y esto a su vez, de la relación entre la apreciación del método de medición y la variabilidad de la variable. Cuanto más grande sea la variabilidad en relación a la mínima división de la escala del instrumento, mayor será la pérdida de información. Por ejemplo, si se tiene una apreciación de 1 mA y la variable medida tiene una distribución normal con un desvío también de 1 mA, luego de la medición, surge una distribución discreta con solo 5 valores frecuentes y el resto de los valores muy poco frecuentes (probabilidad menor a 0,006). Pero si la apreciación es más baja (valor más alto de la mínima división), de 2 mA, los valores más frecuentes son solo 3. Esto se observa en la figura 5. El valor de la media en este caso es irrelevante ya que no influye en la cantidad de valores distintos.

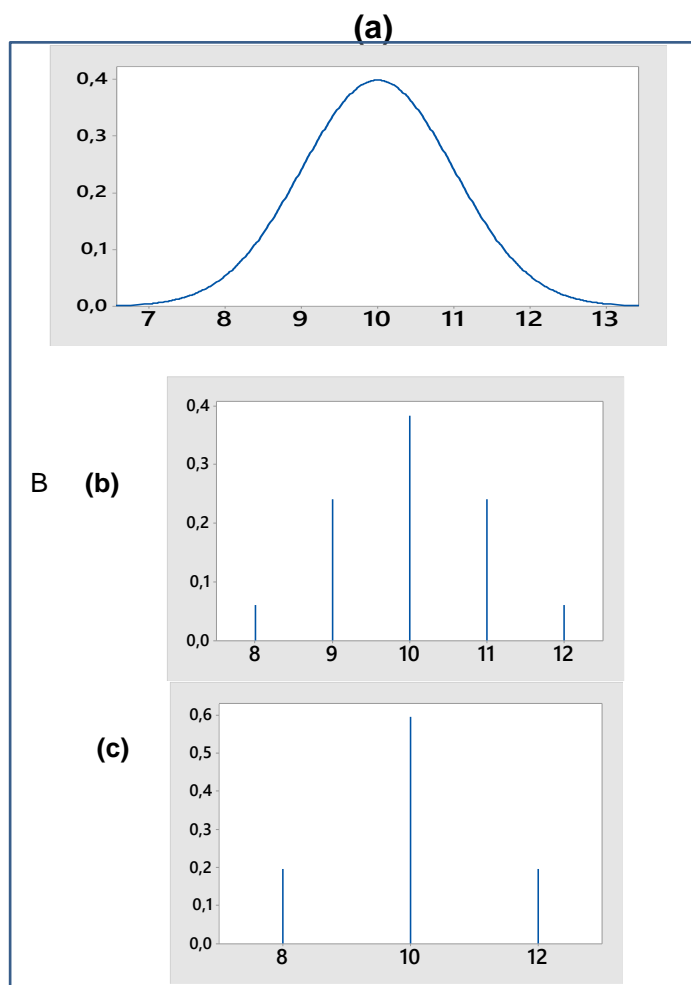


Figura 5 Función de densidad de una distribución Normal con media 10 y desvío 1 (a) y dos distribuciones de probabilidad discretas de valores medidos, una con apreciación alta (b) y otra con baja (c)
 Nota: En las distribuciones discretas solo se representan los valores con probabilidad mayor a 0,006

En los gráficos de control, teniendo en cuenta que los límites de control son percentiles de la distribución de probabilidad del estimador, si las probabilidades acumuladas de los valores de la variable después de realizar las mediciones son diferentes a antes de hacerlas, también pasará lo mismo con las probabilidades acumuladas del estimador y por consiguiente con los límites de control, es decir, los límites calculados a partir de las mediciones serán diferentes a los calculados suponiendo una distribución continua.

En este trabajo se plantea como objetivo analizar el comportamiento de los gráficos de control con límites Shewhart en una situación en la cual la variable de interés se mide con un instrumento que tiene baja apreciación. Los parámetros que se controlan son el promedio y la desviación estándar.

2. METODOLOGÍA

Para cumplir el objetivo, se comparan los riesgos reales de falsa alarma con los teóricos, al obtener límites de control con el método Shewhart, suponiendo que se trabaja en Fase 2. Se determinan distintos escenarios y se obtienen los límites de control fijando un valor de probabilidad de falsa alarma determinado o pretendido, al cual se lo llama α teórico. Luego, obteniendo la distribución real del estadístico se calcula la probabilidad de falsa alarma real (α real). La comparación se basa en analizar la proximidad del riesgo α real con el teórico pretendido, en cada escenario.

Teniendo en cuenta los factores que pueden influir en los riesgos reales en relación a los pretendidos o teóricos, se consideran tres, que son los que generan los distintos escenarios: el tipo de distribución de la variable (antes de ser medida), la cantidad de valores distintos (o nivel de apreciación del método de medición) que se denota con la letra d y el tamaño de muestra (n). A ellos se agrega el valor de α teórico con que se calculan los límites. En total, los factores que se van a considerar en el análisis son cuatro:

- Tipo de distribución de la variable (antes de ser medida)
 - Cantidad de valores distintos o nivel de apreciación (d)
 - Tamaño de muestra (n)
 - α teórico
- } combinados definen la distribución de la variable a analizar

Esto se ve representado en la figura 6.

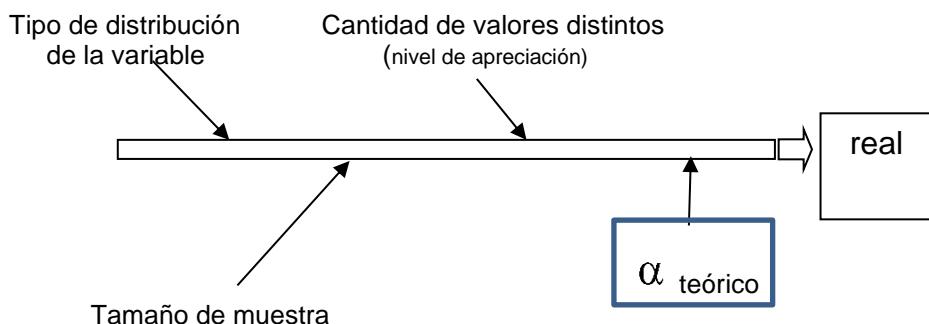


Figura 6 Factores que pueden influir en el comportamiento del alfa real

Los escenarios se conforman con cada combinación posible de los niveles de los cuatro factores mencionados. Se detallan a continuación:

- Tipo de distribución. (Se indica la sigla que identifica a cada una):
 1. Distribuciones obtenidas empíricamente (Emp)
 2. Distribución normal (Nor)
 3. Distribución lognormal (Log)
 4. Distribución exponencial (Exp)
- Cantidad de valores distintos de la variable luego de ser medida o nivel de apreciación (d):
 1. Nivel de apreciación bajo. ($d=3$ para EMP1 y NOR1, $d=4$ para LOG1 y $d=5$)
 2. Nivel de apreciación alto. ($d=4$ para EMP2, $d=5$ para NOR2, $d=6$ para LOG2 y $d=7$ para EXP2)
- Tamaño de muestra (n):
 1. $n=3$
 2. $n=5$
 3. $n=10$

Con los tres factores considerados quedan conformados veinticuatro escenarios. En cada uno, se obtienen los límites con tres niveles de α teórico:

1. $\alpha = 0,0027$
2. $\alpha = 0,01$
3. $\alpha = 0,05$

Estos niveles son elegidos tratando de abarcar una gran variedad de situaciones que podrían ocurrir en una aplicación práctica.

Las dos primeras distribuciones (Emp) se toman a partir de datos reales de un proceso de fabricación de llantas. Los datos corresponden a dos variables con distribuciones que verifican que, por un lado, una es simétrica y la otra no, y además una toma más valores distintos que la otra. Las seis distribuciones restantes surgen de combinar tres modelos continuos comúnmente utilizados, con dos niveles de apreciación del instrumento de medición. En cuanto a estos modelos teóricos, se elige uno simétrico (distribución normal) y dos con distinta intensidad de asimetría (el lognormal con una asimetría moderada y el exponencial con una fuerte asimetría). Combinando los distintos modelos con dos niveles de apreciación cada uno, se obtienen distribuciones muy variadas. El conjunto de todas las distribuciones consideradas para la variable medida se resume en la tabla 1. Con respecto al tamaño de muestra, se toma el que se utiliza en el proceso mencionado de fabricación de llantas ($n=5$), un valor menor y otro mayor ($n=3$ y $n=10$).

Tabla 1 Distribuciones de probabilidad. Propuestas para la variable en estudio. Algunas características.

Distribución	Distribución original	N° de valores distintos de la variable (nivel de apreciación)	Simetría
EMP1	Tomadas de datos reales de un proceso de fabricación de llantas	3	Sim
EMP2		4	Asim.
NOR1	Distribución Normal	3	Sim.
NOR2		5	
LOG1	Distribución LogNormal	4	Asim.
LOG2		6	
EXP1	Distribución Exponencial	5	Asim.
EXP2		7	

Para realizar la comparación de los riesgos de falsa alarma reales y teóricos en cada uno de los veinticuatro escenarios definidos, para cada uno de los parámetros se obtienen los límites de control con el método Shewhart fijando un valor de probabilidad de falsa alarma determinado o pretendido (α teórico). Los límites de control corresponden a los percentiles $\alpha/2$ y $1-\alpha/2$ de la distribución del estadístico estimador, la cual se supone normal. Obtenidos los límites de control, se calcula el riesgo real de falsa alarma (α real) a partir de construir previamente la distribución real del estimador. Esto se realiza para tres valores diferentes de α teórico.

La secuencia de pasos es la siguiente:

1. Se establece un tipo de distribución de probabilidad de la variable a monitorear y un nivel de apreciación del método de medición.
2. Para cada distribución, se define un tamaño de muestra ($n = 3, 5$ o 10) y para cada parámetro se construye la distribución muestral del estadístico correspondiente.

Para la construcción, se utiliza un algoritmo desarrollado en R, mediante el cual se obtienen todos los posibles valores que puede tomar el estimador, considerando todas las combinaciones posibles de n valores elegidos de los d valores posibles de la variable. Luego el algoritmo calcula la probabilidad de cada valor.

Esta tarea, definida como paso 2, puede hacerse posteriormente, ya que la distribución muestral se utiliza para calcular los riesgos reales, es decir, una vez obtenidos los límites de control.

3. Se fija un valor pretendido para el riesgo de falsa alarma (α teórico = $0,0027, 0,01$ o $0,05$) y se calculan los límites de control tipo Shewhart para cada parámetro utilizando las fórmulas (1) y (2). Los valores de μ_0 y σ_0 se obtienen calculando la media y desvío de la distribución de la variable.
4. A partir de los límites de control se calculan los riesgos de falsa alarma reales (α real), utilizando la distribución real del estadístico correspondiente (obtenida en el paso 2). Cada valor de α real se obtiene como la probabilidad de que el estadístico caiga por fuera de los límites de control, es decir, es la suma de dos probabilidades, una correspondiente a valores menores al límite inferior y otra a valores mayores al límite superior. Estas dos probabilidades se simbolizan como α_L real y α_S real respectivamente y se calculan y analizan por separado para ver, sobre todo cuando la distribución de la población es fuertemente asimétrica, si las falsas alarmas ocurren con mayor probabilidad de un lado o de otro.

3. RESULTADOS

Los resultados que se muestran en esta sección corresponden a analizar el desempeño de los gráficos de control Shewhart en una situación Fase 2, tanto para el promedio como para el desvío estándar.

Se presentan todos los resultados obtenidos para la media en las tablas 2 y 3. La tabla 2 corresponde a las distribuciones simétricas. En la misma, se muestran en la primera columna los valores de la media (μ) y el desvío (σ) poblacional, luego, para cada tamaño de muestra, se presentan los valores de α real correspondientes a los tres teóricos. Para las distribuciones asimétricas, en la tabla 3, se muestra la misma información, pero separando α_L y α_S .

Con respecto a la media, los resultados son diferentes según la distribución de la variable sea simétrica o no. Cuando lo es (Emp1, Nor1 y Nor2) se observa que, de los posibles valores de α real, se obtiene el más cercano al teórico, a excepción de un solo caso. Se observa que el valor de α real puede ser mayor o menor al teórico, dependiendo de cuál se encuentre proporcionalmente más cerca. Como ejemplo, para la distribución Emp1 y $n=5$, los cuatro posibles valores más chicos para α real son $0, 0,00287, 0,02732$ y $0,12496$ (estos valores surgen de la distribución real del estimador, la cual no se muestra); y, resaltado en la tabla 2, se observa que el valor de α real correspondiente al teórico $0,0027$ es $0,00287$, a $0,01$ es $0,00287$ y a $0,05$ es $0,02732$.

Cuando n es más grande, la cantidad de valores posibles de α aumenta, pero no significa que haya un valor más cercano al teórico. Puede pasar que en algún caso la distribución del estimador derive en muy pocos valores distintos para α pero justo uno de ellos sea muy cercano al teórico. Por esto

se encuentran resultados dispares y en algunos casos es mejor para un tamaño de muestra más chico, o para la distribución con menos valores distintos. En varios casos, el valor más cercano al teórico es 0.

Cuando la variable tiene distribución normal, los límites Shewhart deberían dar valores de α real similares a los teóricos, sin embargo, al discretizarse la distribución en tres o cinco valores, se encuentran resultados muy distintos a los teóricos. Esto muestra cómo el método Shewhart, en situaciones como la estudiada, puede derivar en riesgos diferentes a los pretendidos, aun cuando la distribución de la variable, antes de ser medida, es normal.

Tabla 2 Valores reales de α para el gráfico de promedios, según distribución, tamaño de muestra y valor teórico de α . Para distribuciones simétricas.

Distribución y parámetros	N	α teórico =0,0027	α teórico =0,01	α teórico =0,05
EMP1 $\mu=10$ $\sigma=0,7348$	n=3	0	0	0,03937
	n=5	0,00287	0,00287	0,02732
	n=10	0,00373	0,01550	0,05003
NOR1 $\mu=10$ $\sigma=1,2604$	n=3	0	0,01566	0,01566
	n=5	0,00062	0,00999	0,07
	n=10	0,00482	0,00482	0,0759
NOR2 $\mu=10$ $\sigma=0,9901$	n=3	0,00046	0,00599	0,03681
	n=5	0,00238	0,01109	0,03945
	n=10	0,00595	0,01558	0,0366

Cuando la distribución de la variable no es simétrica, se observan (Tabla 3) resultados disímiles para α_l y α_s . Siempre α_l es menor a la mitad del α teórico correspondiente (valor con el que se compara), siendo $\alpha_l=0$ en la mayoría de los casos, cuando el teórico es 0,0027 o 0,01. En cambio, α_s es siempre mayor a la mitad del teórico, y en algunos casos, mayor al propio α teórico. Además, se observa que no siempre el valor de α real es el más cercano de los posibles al valor teórico. En estos casos, no solamente se distorsiona el valor de α porque la distribución de la variable esta discretizada, sino también porque, antes de ser medida la variable, la distribución no es normal, ni simétrica.

Tabla 3. Valores reales de α_l y α_s para el gráfico de promedios, según distribución, tamaño de muestra y valor de α teórico. Para distribuciones asimétricas.

Distribución y parámetros	N	α teórico=0,0027		α teórico=0,01		α teórico=0,05	
		α_l real	α_s real	α_l real	α_s real	α_l real	α_s real
EMP2 $\mu=9,1632$ $\sigma=0,6499$	n=3	0,00106	0,00848	0,00106	0,00848	0,02210	0,04548
	n=5	0,00038	0,00201	0,00529	0,01005	0,00529	0,03950
	n=10	0,00050	0,00411	0,00318	0,01284	0,01509	0,03522
LOG1 $\mu=2,5146$ $\sigma=1,3889$	n=3	0,00000	0,00445	0,00000	0,00445	0,00000	0,02113
	n=5	0,00000	0,00658	0,00000	0,02070	0,00452	0,05452
	n=10	0,00026	0,00120	0,00161	0,00324	0,02062	0,03724
LOG2 $\mu=2,5748$ $\sigma=1,3824$	n=3	0,00000	0,00540	0,00000	0,01442	0,01473	0,03372
	n=5	0,00000	0,00234	0,00000	0,01162	0,00671	0,04346
	n=10	0,00008	0,00339	0,00134	0,00608	0,02061	0,02856
EXP1 $\mu=2,4316$ $\sigma=1,7217$	n=3	0,00000	0,00694	0,00000	0,02016	0,00000	0,04906
	n=5	0,00000	0,00404	0,00000	0,00981	0,00000	0,04459
	n=10	0,00000	0,00323	0,00058	0,01176	0,01343	0,03605
EXP2 $\mu=2,5800$ $\sigma=1,6701$	n=3	0,00000	0,00408	0,00000	0,00909	0,00000	0,01906
	n=5	0,00000	0,00292	0,00000	0,01036	0,00533	0,03083
	n=10	0,00000	0,00337	0,00092	0,00846	0,02750	0,02861

Con respecto al desvío estándar, se obtienen los valores de α real para las distribuciones Emp1, Emp2, Nor1, Log2 y Exp2. Se debe tener en cuenta que, a diferencia de los límites para la media, en el cálculo de los límites de control para el desvío estándar, no aparece otro estadístico más que el desvío muestral. Esto significa que la distancia entre cualquiera de los dos límites y la línea central

depende solamente del valor observado del desvío y del tamaño de muestra, entonces, para tamaño de muestra chico, puede pasar que sea mayor al propio valor observado. En este caso el límite inferior sería negativo y se reemplaza por 0. Por esto, para tamaños de muestra chicos, el límite inferior puede ser 0 sin importar el valor observado del desvío muestral, y consecuentemente, el α también sería 0.

En los resultados obtenidos para el desvío estándar se encuentra que para el menor tamaño de muestra ($n=3$), el valor de α real es casi siempre 0. Para tamaños de muestra mayores se observan valores distintos de 0, pero muy dispares, algunos cercanos al teórico y otros muy alejados. Con valores mayores de d también se encuentran valores de α algo más adecuados.

4. CONCLUSIONES

En ciertas situaciones, la característica de un proceso que interesa controlar es una variable continua que, luego de ser medida, pasa a ser discreta con pocos valores diferentes. En este trabajo se presenta un análisis que permite conocer en detalle cómo se comportan los límites de control Shewhart en una situación donde la variable toma pocos valores distintos. El comportamiento de este método se analiza a través del estudio de los riesgos reales que se corren de tomar decisiones erróneas al utilizarlo. La importancia de conocer los valores reales de estos riesgos radica en que, a partir de ellos, se puede contar con información real sobre el tiempo promedio que lleva detectar un determinado corrimiento y sobre el porcentaje de las muestras en las que aparecen falsas alarmas. Esto guía el diseño del gráfico de control, en cuanto a cuestiones como el método que se utiliza para calcular los límites, el tamaño de muestra, la frecuencia de muestreo, etc.

El análisis se realiza tratando de abarcar los distintos contextos y situaciones en los que pueden ser aplicados los gráficos de control. Se tienen en cuenta factores como distribución de la variable antes de ser medida, nivel de apreciación y tamaño de muestra.

Se realiza un análisis para gráficos de control en Fase 2, es decir, cuando se conoce el valor de los parámetros de la variable. En los distintos escenarios se observa generalmente que los posibles valores para α son muy diferentes al teórico, especialmente cuando este valor es muy pequeño (0,0027), lo que hace que el α real sea inadecuado. Se destaca que esto ocurre inclusive si la variable originalmente tiene distribución normal. Si además la distribución de la variable es asimétrica, se agravan las diferencias entre lo real y lo teórico o pretendido.

Todos los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de conocer los riesgos reales asociados a los diferentes tipos de gráficos de control en una situación no convencional, para poder planificar adecuadamente su aplicación.

4.1 - Discusión

Generalmente, al aplicar técnicas estadísticas en el Control de Calidad u otro ámbito, se realizan supuestos teóricos que permiten dicha aplicación. Es habitual que la persona que utiliza la herramienta estadística no se preocupe demasiado por el cumplimiento de los supuestos y simplemente “confíe” que se cumplen.

Todo el análisis realizado permite entender lo que realmente sucede si se aplica una técnica estadística en una situación determinada donde no se cumplen los principales supuestos. Concretamente, a través de todo lo estudiado se puede visualizar cuáles son los riesgos reales de decidir erróneamente en diferentes escenarios. Además, al introducir el concepto de lograr conocer la distribución real del estimador, se puede elegir, dentro de ciertas posibilidades reales, los valores más adecuados para dichos riesgos. Esto permite, en una situación con características similares a las estudiadas, planificar el análisis de estabilidad del proceso pudiendo determinar, entre otras cosas, un tamaño de muestra adecuado, en función de los tiempos requeridos para detectar cambios o tener falsas alarmas.

Este trabajo deja al descubierto una problemática que ha sido muy poco estudiada, sobre el comportamiento de una variable que en teoría es continua y que luego del proceso de medición asume pocos valores diferentes debido a la baja apreciación del método de medición. Esto se aborda en el contexto de control de estabilidad de un proceso a través de gráficos de control, pero podría extenderse al estudio de su capacidad o a cualquier otro análisis que se desee realizar.

5. REFERENCIAS.

- [1] Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. New York, EEUU. Van Nostrand.
- [2] Zuluaga Duque, E. A; Millán Hernández, J. y Mosquera Restrepo, J. (2009). Valoración de la robustez del gráfico de control tipo Shewhart y una alternativa no paramétrica en el control del centramiento de variables críticas con distribución asimétrica. *Heurística* 16. 59-71.
- [3] Qiu, P. y Zhang, J. (2015). On Phase II SPC in Cases when Normality is Invalid. *Quality and Reliability Engineering International*, 31. 27-35

- [4] Hyo-il, P. (2009). Median Control Charts Based on Bootstrap Method. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*. 37. 558–570.

Valuación de Máquinas por el método del OEE

M.Sc.A. Carlos Roberto Ibáñez Juárez⁵, M.E.S. Nancy Roxana Ruiz Chávez²,
Patricia Sedeño Martínez³.

*Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Profesores de Ingeniería Industrial^{1,2}, Estudiante³.*

carlos.ibanez@correo.buap.mx; nroxana.ruiz@correo.buap.mx;

RESUMEN

El siguiente artículo aborda un método de valuación en equipos utilizados en la industria de la fabricación, y que considera aspectos fundamentales con la medición de la mejora continua a través de un indicador de efectividad del uso de ellos y cuantificado al valor valuado. Este método plantea esquemas que rompen con los criterios convencionales de valuación, aquellos que consideran solamente el precio y el costo de mercado. Con el método propuesto se pretende tener una metodología que permita ayudar a la toma de decisiones con respecto a la gestión de activos fijos y revelación de valores en los informes financieros formales de una empresa. Se presenta una forma alternativa para conocer y cuantificar a través de un índice que mide las depreciaciones al momento de la valuación y de las posibles vidas remanentes de los equipos en uso. Se plantea este método de una manera simplificada, ideal para temas de calidad en el sector industrial que requieren un índice de medición que involucre la mejora continua y la valuación de equipos.

Palabras Claves: Efectividad global de los equipos, Valuación de activos fijos.

ABSTRACT

The following article is showing a valuation method in equipment used in the manufacturing industry, and that considers fundamental aspects with the measurement of continuous improvement through an indicator of effectiveness of their use and quantified at the valued value. This method proposes schemes that break with conventional valuation criteria, those that consider only the market price and cost. The proposed method is intended to have a methodology that allows to help decision-making regarding the management of fixed assets and disclosure of values in the formal financial reports of a company. An alternative way to know and quantify is presented through an index that measures depreciation at the time of valuation and the possible remaining lives of the equipment in use. This method is presented in a simplified way, ideal for quality issues in the industrial sector that require a measurement index that involves continuous improvement and equipment valuation.

Keywords: Overall equipment effectiveness, valuation of fixed assets.

1. INTRODUCCIÓN

La valuación industrial está enfocada a la vida útil de los activos fijos que son por ejemplo la maquinaria, los inmuebles o equipos. También es aplicable a empresas que presten algún tipo de servicio. De esta manera se refiere a la valuación de los activos y los análisis financieros que también toma como referencia la ubicación y en qué se están utilizando. De forma no menos importante se emplea para conocer la depreciación de los bienes para conocer su vida útil y tomar decisiones [1].

La valuación Industrial es un elemento muy importante dentro de la contabilidad de las empresas debido a que permite conocer el valor real de los activos para su utilización en operaciones de compraventa. La valuación industrial se utiliza para determinar los valores de los activos fijos en las maquinarias y equipos desde su período de vida hasta su depreciación total, de manera que se puede escoger la maquinaria según su valor y que va unido a su eficiencia lo cual determina su valor ante una operación de venta de los activos. Los procedimientos de valuación de equipos especializados requieren de lineamientos como el orden y la clasificación, registro, nomenclatura, así como el análisis de obsolescencia técnica y económica, considerar los mantenimientos y reparaciones [2]; para finalmente cuantificarlo y elaborar un reporte.

Una parte a considerar en la valuación se relaciona con los activos. De acuerdo con su clasificación se dividen en tangibles e intangibles, en una empresa estos activos van relacionados con la eficiencia y eficacia en su participación en el mercado y su desarrollo [3]. En el caso de los activos fijos son considerados tangibles los cuales, se relacionan con lo materializado y se encuentran registrados sus costos de adquisición, en este caso se registran en la contabilidad de la empresa. Sin embargo, con el tiempo y su uso este activo se va depreciando o perdiendo su valor a través del desgaste en maquinaria u obsolescencia, de manera que los beneficios económicos que proveía en un principio van disminuyendo conforme al tiempo, y que en caso de venderse tendrán una valuación para determinar su nuevo valor en el mercado [4].

La valuación de los activos tangibles e intangibles representan el valor de una empresa, entre otros factores para determinar su precio de venta o su precio de mercado con el cual se pueden valorizar ante las bolsas de valores o determinar el grado de inversión que puede ser objeto por las instituciones crediticias [4]. La valuación de los bienes industriales en uso, para este caso la maquinaria y equipo, en un sentido económico, debe abordarse desde el punto de vista de la renta, ingresos o beneficios, según sea el caso y relacionado con lo que generan por su uso. El valor de uso es un activo importante a considerar para la producción en el sentido del beneficio a generar de forma apropiada durante su vida útil o económica. Otro aspecto importante a considerar representa el hecho de que la valuación representa un estimado del valor sujeto a los aspectos de uso y depreciación, para obtener su valor en libros.

En los métodos convencionales de cálculo, se presenta la depreciación como consecuencia de los valores considerados que permiten definir los aspectos a considerar de las fórmulas para realizar los cálculos correspondientes, de manera que se vuelve un modelo dependiente. Sin embargo, resultaría más representativo si se supone que la vida económica útil, la vida remanente y el valor residual que pudieren caracterizar a un activo fijo son efectos y no causales de una depreciación que ocurre a lo largo del tiempo de vida útil. Y que entre los factores que la determinan son: las rutinas de operación, mantenimientos, y sus inversiones de mejora, no es casualidad que cada vez sea más importante la inversión en los equipos y la inversión en mejoramiento y actualización [5]. De manera que las tres variables importantes que influyen en la depreciación de los equipos son depreciación, vida y valor- permanente, siendo estas relaciones recíprocas de causas y efectos para determinar una valuación.

Existen diferentes métodos de valuación que se realizan en las empresas a partir de los activos. Algunos autores, tienen como métodos representativos el balance general como punto de partida para obtener el valor de la empresa a través de sus activos siendo: el valor contable, valor contable ajustado, valor de liquidación, valor sustancial, activo neto real. El método de valuación de activos es generalmente aceptado. En todas las empresas a valuar se cuentan con activos tangibles e intangibles. [6]

El presente método de valuación de maquinaria está relacionado con la capacidad instalada y su uso. Para la valuación convencional de maquinaria y equipos en operación con los enfoques básicos (ingresos, rentas o beneficios, costo y comparación de precios) y que muestran ciertas limitaciones importantes. Por otra parte, los supuestos a considerar es lo que representa la utilización de muchas variables, los cuales alteran los estimados valuados esperados. Por otro lado, el uso de datos sensibles se vuelve complejo, ocasionando que no sean fáciles la obtención en tiempo y forma de las variables a valuar.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Determinar una forma de valuación en los equipos a través de la efectividad global de operación (OEE), que represente una forma clara y objetiva y que involucre las variables principales que normalmente se utilizan en una valuación convencional, reduciendo la complejidad de la valuación que no considera la eficiencia del equipo.

3. CONSIDERACIONES PARA EL MODELO

El modelo propone el uso del OEE como indicador principal y que considera las siguientes condiciones:

- i. El valor actual que tiene una máquina en uso se relaciona con los beneficios netos futuros que va a generar, sin embargo, por las visiones empresariales con que se cuentan, suele darse más importancia a los beneficios económicos a corto plazo. Anteponiendo la utilidad presente por la futura.
- ii. El valor de una máquina en uso está definido de manera directa por la efectividad global operativa.
- iii. La rentabilidad de los equipos aumenta según la efectividad operativa de una máquina durante su uso, y va a representar mayor rentabilidad y un aumento en su valor.
- iv. Si se mantiene la efectividad global activa de la maquinaria, generando costos razonables por producir y de mantenibilidad durante un cierto período de tiempo (generalmente se considera un año), se puede valorar a la efectividad global como un comportamiento de su buen funcionamiento y del incremento de la rentabilidad.
- v. De acuerdo con las garantías, y comportamiento de los equipos durante su vida útil son productivos y estables en comportamiento durante el corto y mediano plazo de 3 a 5 años. Una vez que la estabilidad empieza a cambiar su depreciación comienza a aumentar y se recomienda las valuaciones periódicas para conocer su estado y el valor en función del tiempo.
- vi. Una vez que se estima la depreciación de la maquinaria en términos monetarios, es posible estimar la vida útil a través del método lineal de la depreciación en intervalos de tiempo dados.

Como parte de entender el máximo aprovechamiento y valor de una maquinaria durante su uso, se considera el valor residual como nulo cuando se agota la vida productiva del equipo.

4.- METODOLOGÍA

La efectividad global de los equipos (OEE), que representa una relación que define la eficacia del uso de la maquinaria y los factores que intervienen en ella y se representa en %. Este indicador muestra los índices de producción de la maquinaria, en este caso es el porcentaje de las piezas producidas con respecto al objetivo de fabricación, la disponibilidad de uso que se relaciona con los tiempos de uso debido a la mantenibilidad del equipo en paros de corrección o de emergencia y finalmente los índices de calidad en porcentaje de piezas buenas a la primera.

Este índice, el OEE mide la eficiencia global de la máquina siendo lo ideal un valor del 100%. A partir del análisis de los tres componentes que integran la OEE, se puede determinar cuál es la causa que ocasiona que no se esté cumpliendo el OEE, por calcularse como una eficiencia global.

Conceptualmente, la OEE es el resultado del producto de tres factores, de acuerdo a la Ecuación 1:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad} \quad (1)$$

Cada uno de los factores se considera y se calcula como se ilustra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Mediación del OEE.

Tiempo disponible por periodo (TD)			
Tiempo de ocupación (TO).			Tiempo de disponibilidad libre (TL)
Ocupación activa	Ocupación pasiva		
Tiempo producido (TP)	Tiempo de mantenimiento (TM)		
Coeficiente de producción (P)	P = TP / TD		
Coeficiente de mantenimiento (M)	M = TM / TD		
Coeficiente de ocupación (O)	O = (TP + TM) / TD = P + M		
Coeficiente de ocupación activa (A)	A = P / (TP + TM) = TP / TO		
Coeficiente de ocupación pasiva (I)	I = TM / (TP + TM) = TM / TO		
Coeficiente de disponibilidad libre (L)	L = TL / TD		
Pérdida			Coeficiente
Disponibilidad	-Averías -Preparación y ajustes	TDP = Tiempo disponible real para la producción.	Disponibilidad D = TDP / TP
Rendimiento	-Paradas cortas -Reducción de velocidad	TUP = Tiempo útil de producción	Rendimiento R = TUP / TDP
Calidad	-Rechazos por puesta en marcha -Rechazos de producción	TNP = Tiempo neto de producción	Calidad C = TNP / TUP
EFFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS OEE = D * R * C			
OEE = (TDP / TP) * (TUP / TDP) * (TNP / TUP) = TNP / TP			

En la actualidad, el OEE es un indicador de la excelencia en empresas consideradas de clase mundial. El OEE como indicador no solamente permite evaluar la producción y la línea del proceso, también permite calificar a una maquinaria, incluso a una planta completa. Siendo un indicador de Mejora Continua permite identificar causas de problemas actuales y posibles a futuro, de manera que se va a complementar con otras herramientas como las de Manufactura Esbelta para su mejora.

El OEE considera las seis grandes pérdidas que se presentan en todos los procesos de producción: Las dos primeras, afectan a la disponibilidad, las dos siguientes afectan al Rendimiento y las dos últimas afectan a la Calidad [7]. Es importante resaltar que, en la configuración del indicador, la disponibilidad se mide en función de tiempos y a través de su comparación con los ideales se obtienen valores entre 0 y 1, expresándose en términos de porcentajes.

Por lo anterior, el rendimiento del equipo representa las pérdidas de velocidad, midiéndose en términos de piezas entre lo real y lo ideal. En este indicador se considera los tiempos ciclos de los equipos y las piezas producidas o unidades de producción. Estas diferencias de tiempo se pueden presentar por problemas de mantenimiento o reparaciones que se realizaron e involucraron una afectación en las velocidades de trabajo ver ecuación 2.

$$\text{Tiempo de Ciclo Ideal} = 1 / \text{Capacidad Nominal} \quad (2)$$

El **rendimiento físico** de la máquina se mide en porcentaje, y se compara entre el valor real y el ideal. De manera que se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento} = \text{Tiempo de Ciclo Ideal} / (\text{Tiempo de Operación} / N.^{\circ} \text{ Total Unidades}) \quad (3)$$

$$\text{Rendimiento} = N.^{\circ} \text{ Total Unidades} / (\text{Tiempo de Operación} * \text{Velocidad Máxima}) \quad (4)$$

La Calidad también es un valor porcentual, y considera los siguientes criterios de evaluación del OEE, de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2. Coeficientes estándar de OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% ≤ ... < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% ≤ ... < 84,64%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
84,64% ≤ ... < 95%	Buena	Buena competitividad. Clasificación considerada Clase Mundial (<i>World Class</i>).
95% ≤ ...	Excelente	Competitividad excelente.

El OEE aceptable surge de los coeficientes $D = 0,90$, $R = 0,95$ y $C = 0,99$; en efecto:

$$OEE = D * R * C = 0,90 * 0,95 * 0,99 = 0,84645 \text{ (se aproxima a } 84,64\%) \quad (5)$$

Normas Internacionales de valuación.

Tal como se estructuran las actualmente vigentes [9], publicadas por el Consejo de las Normas Internacionales de Valuación (IVSC, por sus siglas en inglés) son fundamentales las Definiciones de las IVS, el Marco Conceptual de las mismas y los Estándares Generales, denominadas: IVS 101: Alcance del Trabajo de Valuación; IVS 102: Implementación; e, IVS 103: Elaboración de Informes.

Complementariamente, requieren de especial atención para las valuaciones de máquinas en uso las IVS 220: Instalaciones y Maquinarias y las IVS 300: Valuaciones para la Elaboración de Estados Financieros. Debido a lo mencionado, se considera que, para la fecha de valuación, el valor por efectividad actual lógico, factor de depreciación y posible vida económica remanente que pudieren caracterizar las máquinas en uso, aptas para la producción, pueden estimarse con suficientes razones según la siguiente fórmula relacionadas con las máquinas:

$$\text{Valor de uso} = \text{Valor de sustitución} * h = VSN * (\text{OEE real} / \text{OEE Ideal}) \quad (6)$$

Siendo h el coeficiente de Eficacia Global, relacionado con la disponibilidad de la máquina a evaluar. El factor h también define de acuerdo a la ecuación 7 la vida económica remanente, a partir de las fechas consideradas en las valuaciones:

$$\text{Vida económica remanente} = h/(1-h) = \text{OEE Real} / (\text{OEE ideal} - \text{OEE real}) \quad (7)$$

Para evaluar la vida económica útil remanente x , se demuestra que:

$$\frac{VSN}{veu} = \frac{h*VSN}{\text{Vida útil remanente } x} \rightarrow x = h * VSN = h * \frac{VSN}{(1-h)*VSN} = \frac{h}{1-h} \quad (8)$$

Dicha ecuación se deduce del gráfico que se expone a continuación (Figura 1).

Valor de Sustitución a Nueva: VSN

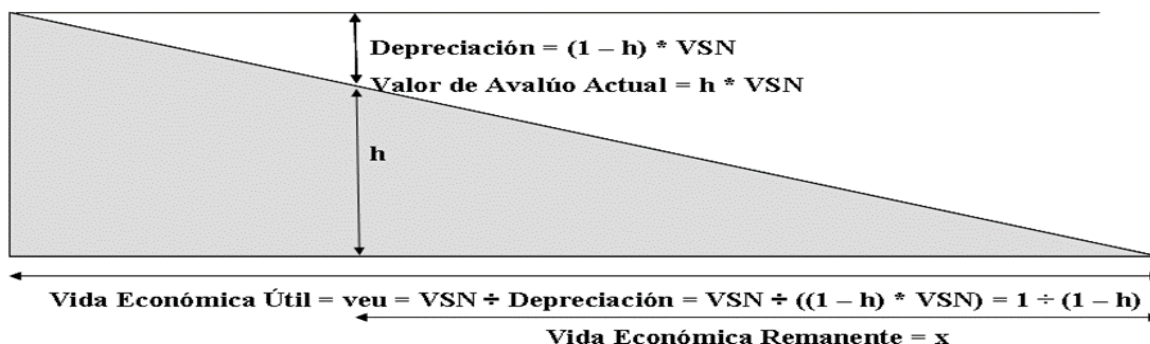


Figura 1. Método de valuación por el método del OEE

Todos los cálculos son basados en la fórmula del OEE (Ec. 1). El valor internacionalmente aceptado bajo estándares de calidad del OEE ideal debe tener una magnitud no menor de 0.8485, como producto:

$$OEE = 0.90 (\text{Disponibilidad por Diseño}) * 0.95 (\text{Rendimiento Esperado}) * 0.99 (\text{Calidad}) \quad (9)$$

El OEE real como se ha mencionado es el resultado de las variables de disponibilidad, rendimiento y calidad, valores que se relacionan con la máquina que está siendo objeto de la valuación. El período de análisis del OEE deberá de ser a los doce últimos meses de trabajo de la maquinaria, información reciente para entregar datos recientes y confiables. Como ejemplo se menciona si el OEE real promedio para el periodo considerado de doce meses es:

$$OEE = 0,85 * 0,90 * 0,95 = 0,7268. \quad (10)$$

Y el valor h es:

$$h = 0,7268 \div 0,8485 = 0,8566. \quad (11)$$

Por tanto, el Valor de Avalúo de la máquina en uso sería del orden del 85,66% del Valor de Sustitución a Nueva (una depreciación neta del 14,34% para los doce meses analizados: aproximadamente 1,20% por mes). En otras palabras:

Ecuación 5:

$$\text{Valor de avalúo} = h * \text{Valor de sustitución}. \quad (12)$$

Dada la base de valor utilizada para la valuación, a dicho valor de avalúo en el método de valuación diseñado se le denomina valor por efectividad. La aplicación del método se puede resumir convenientemente mediante hojas de cálculo.

5. CONCLUSIÓN

Como resultado de la medición del OEE se basa en hechos objetivos, disminuyéndose al máximo las subjetividades que caracterizan los métodos convencionales para estimar el *valor del avalúo actual*, de acuerdo con la fecha que interesa (valor neto del activo), así como la *depreciación* y la *vida económica remanente* del activo objeto de valuación. Aplicando este método, el *valor del avalúo actual* de una máquina en uso, en el **factor h** se toma en cuenta la conjunción integral de los ajustes por depreciación y externalidades que, económicamente, pudieren ser relevantes, minimizándose así los riesgos de omisiones, sobrevaluaciones, subvaluaciones y subjetividades indebidas en la valuación de ese tipo de activos, al contrario de como suele suceder cuando se emplean los criterios convencionales para estimar tales ajustes como consecuencia de causas aisladas y vidas y edades económicas prácticamente discrecionales y arbitrarias.

Al presentar un método totalmente medible, se puede apoyar en herramientas como hojas de cálculo para que sea dinámico, simple y confiable.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por su apoyo para el presente trabajo.

7. REFERENCIAS

- [1] I. & I. Dragos, «The impact of intangible assets on companies in emerging markets.,» *Economics, Management, and Financial Markets*, pp. 11(1), 94-100., 2016.
- [2] M. L. & S.-S. A. d. S. Arias-Bello, «Bases de medición: correspondencia entre las Normas Internacionales de Información Financiera, los Estándares Internacionales de Valuación y el contexto actual colombiano.,» *Cuadernos de Contabilidad*, , pp. 15(37), 25–53, 2014.

- [3 G. Tapia, *Valuación de empresas*, Santa Fé: Libryco, 2017.
]
- [4 G. S. Milanesi, «Valuación de empresas: enfoque integral para mercados emergentes e
] inflacionarios.» *Estudios Gerenciales*, pp. 33(145), 377–390., 2017.
- [5 M. V. & V. I. (. Ion, «How much is the listed enterprise worth? The price multipliers’
] approach.» *Theoretical and Applied Economics*. , pp. 24, 77-82., 2017.
- [6 M. Zapata y Sánchez, *Valuación de maquinaria y equipo de laboratorio de Ingeniería en
] Mecatrónica*., Puebla: BUAP, 2014.
- [7 E. Abramowich, *Six Sigma for growth*., Singapore:: John Wiley & Sons., 2005.
]
[8
]
- [9 M. E. Blanco, *Imagen Digital*, México: Obtenido de Atracción 360, 2016.
]
- [1 H. Cantú Delgado, *Desarrollo de una cultura de calidad*., México: Mc Graw-Hill, 2013.
0]
- [1 E. Escalante, *Análisis y mejoramiento de la calidad*., México.: LIMUSA, 2006.
1]
- [1 F. Gómez de León, *Tecnología del mantenimiento Industrial*, Murcia: Servicio de
2] Publicaciones, Universidad de Murcia., 1998.
- [1 J. Guerra, «Valuación de Máquinas en uso basada en sus efectividades Globales.» *RNA
3] Mas Valor*, pp. (16), 8., 2014.
- [1 H. Gutiérrez Pulido, *Calidad y Productividad*., México: Mc Graw-Hill., 2014.
4]
- [1 F. W. Breyfogle III, *Implementing Six Sigma*. Hoboken., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.,
5] 2003.
- [1 K. Ishikawa, *Introducción al Control de la Calidad*., México: Díaz de Santos, 1989.
6]
- [1 E. Navas, «El papel de los recursos intangibles en la empresa,» *Revista Tribuna de Debate*,
7] México, 2019.
- [1 N. I. d. I. Financiera, «NIC 16 Propiedades, Planta y Equipos.» Consejo de Normas
8] Internacionales de Contabilidad, México, 2013.
- [1 T. Koller, *Valuation, Measuring and managing the value of companies*, New Jersey: Wiley,
9] 2015.

Reflexiones en torno al teletrabajo y su marco legal.

Meretta Javier *, Viviani María Soledad.

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás
jmeretta@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN:

La introducción de nuevas tecnologías impacta en la estructura de las organizaciones con la posibilidad de reducir sus costos operativos y mejorar así su rentabilidad. En el marco de las nuevas tecnologías y la industria 4.0, el teletrabajo ha sido una tendencia en alza en los últimos años, visto especialmente como una herramienta de deslocalización de la fuerza laboral por parte de las organizaciones en búsqueda de reducir costos. La incorporación de nuevas tecnologías en las organizaciones y en el hogar, ha incrementado el interés sobre el tema en los últimos años, aunque indudablemente ha sido la pandemia de COVID 19 quien lo ha impuesto en la agenda laboral. Esta aplicación de urgencia ha obligado a revisar ciertos aspectos asociados tales como el perfil necesario, áreas de aplicación y el derecho laboral y su regulación. La sanción de una ley que regula el teletrabajo en argentina ha generado contrapuntos entre las empresas y los trabajadores. Este trabajo pretende aportar una mirada interdisciplinar entre la ingeniería industrial y el derecho mediante una revisión de la literatura y la legislación.

Palabras clave: teletrabajo, industria 4.0, recursos humanos.

ABSTRACT:

The introduction of new technologies impacts the structure of organizations with the possibility of reducing their operating costs and thus improving their profitability. Within the framework of new technologies and Industry 4.0, teleworking has been a growing trend in recent years, seen especially as a tool for relocating the workforce by organizations seeking to reduce costs. The incorporation of new technologies in organizations and at home has increased interest on the subject in recent years, although it has undoubtedly been the COVID 19 pandemic that has imposed it on the labor agenda. This urgent application has made it necessary to review certain associated aspects such as the necessary profile, areas of application and labor law and its regulation. The enactment of a law that regulates teleworking in Argentina has generated counterpoints between companies and workers. This work aims to provide an interdisciplinary view between industrial engineering and law through a review of literature and legislation.

Keywords: teleworking, Industry 4.0, human resources.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene por objetivo explorar los lineamientos principales del estado de situación del trabajo a distancia o teletrabajo en Argentina, modalidad laboral que ha tenido amplia difusión ante la pandemia global de Covid 19.

A tal fin hemos realizado una revisión de la literatura existente donde hemos encontrado distintas visiones del tema de análisis presentadas por una variedad de actores con distintos intereses. El estado, las organizaciones, los sindicatos y los trabajadores parecen sumergidos en una puja por la implementación forzada de una modalidad de trabajo que si bien presentaba un cierto crecimiento, ha sido implementada en forma explosiva ante el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) decretado por el gobierno nacional.

2. ¿QUÉ ES EL TELETRABAJO?

El teletrabajo, trabajo a distancia, home office o alguna otra forma mediante la cual usualmente denominamos a esta modalidad de trabajo, surge a mediados de la década del setenta en el contexto de la llamada crisis del petróleo. En Estados Unidos se planteó la idea de que si se reducía la cantidad de trabajadores que necesitaban trasladarse desde la ciudad a sus lugares de trabajo, no sería necesaria la importación de petróleo. Esta modalidad luego se trasladó a Europa y posteriormente al resto del mundo.

Superada la crisis, el teletrabajo fue percibido como una posible solución a una gran variedad de problemas, tanto de los individuos como de las organizaciones [1]. Así, el teletrabajo aparece como una de las nuevas formas de organizar la producción, surgidas de las lógicas empresariales basadas en la reducción de costos y aumento de la productividad, junto con la incorporación de las NTICS [2].

Esta modalidad de trabajo donde la presencia física deja lugar a la virtualidad, puede asociarse a la idea de una modalidad flexible de organización del trabajo; donde el trabajador desempeña su actividad sin la asistencia a la empresa. Esta modalidad supone el uso de las tecnologías de información y comunicación para establecer contacto con la organización.

En la literatura se pueden encontrar muchas definiciones del teletrabajo, pero parecería haber consenso en un concepto, el cual ha sido adoptado en nuestro país. El teletrabajo está definido en Argentina como una forma de trabajo a distancia, en la cual el trabajador desempeña su actividad sin la necesidad de presentarse físicamente en la empresa o lugar de trabajo específico. Para tal fin se utilizan tecnologías de la información y comunicación (TICs).

Desde una perspectiva más simple Ellison [3] se refiere al trabajo remunerado realizado en casa sin mencionar el papel de las tecnologías, esto comprende a todas las actividades que un individuo puede desarrollar en su hogar a favor de la empresa. Por otro lado, visiones más complejas como la de Pliskin [4], quien distingue entre teletrabajo y equipos virtuales, en la idea de que una cosa sería trabajar desde el hogar mediante TICs, y otra distinta sería una forma más avanzada como la creación de equipos de trabajo dispersos en diferentes localizaciones conformando equipos virtuales.

La definición adoptada ha sido interpretada de distintas maneras de acuerdo a los intereses de las partes involucradas. Algunos sectores han destacado conceptos como flexibilidad, trabajo por cuenta propia, ideas asociadas a la libertad que tiñen a esta modalidad laboral con características positivas. En el mismo sentido, el teletrabajo fue presentado como una herramienta inclusiva, que podría facilitar el empleo a personas con ciertas discapacidades.

Esta línea de pensamiento positiva se analiza en el trabajo de Rodriguez y D'Errico [2], donde analizaron distintas perspectivas aportadas por los medios de comunicación quienes han tratado de mostrar un conjunto de aparentes beneficios que el teletrabajo aportaría a la sociedad. Esta visión idílica parecería no reflejar la realidad de los trabajadores.

Puede destacarse la síntesis realizada por Siseles [5], citado en [2], donde grandes medios como Clarín y La Nación han remarcado las ventajas del teletrabajo para la mujer. La idea planteada por estos diarios de circulación masiva destaca el beneficio para la mujer de permanecer más tiempo en el hogar, compatibilizando el ser ejecutiva, madre, esposa y ama de casa; lejos de colocar a la mujer en el rol de heroína esta idea parecería ser abusiva y anacrónica.

En este sentido, Pérez Sánchez y Gálvez Mozo [6], analizan las ventajas y dificultades para la conciliación de la vida laboral, personal y familiar, conflictos que también hemos detectado en nuestras entrevistas.

Desde otra perspectiva, las organizaciones vieron al teletrabajo como una posibilidad de reducir costos laborales y aumentar la productividad.

3. COVID 19

Luego de algunos meses transcurridos en la lucha mundial contra la pandemia de Covid-19, donde la cadena de suministro global ha experimentado importantes niveles de interrupción y cambios, surgen nuevos brotes del virus, persiste el aislamiento en diferentes formas y crece la incertidumbre.

Ante el avance de la pandemia en la región, el gobierno nacional dispuso un aislamiento social, preventivo y obligatorio, con el fin de proteger la salud pública frente a la propagación del nuevo coronavirus.

Desde la primera etapa de aislamiento muchas organizaciones han recurrido al teletrabajo para continuar con una operatoria normal o de aparente normalidad.

Superado el aislamiento estricto en todo el territorio de los primeros días, el miedo inicial de la población se ha visto disminuido por múltiples razones que abarcan desde razones políticas, angustia provocada por el aislamiento, esperanza en las vacunas en proceso de investigación, etc.

La extensión en el tiempo de las medidas sanitarias sumada a la imperiosa necesidad de poner a la economía nuevamente en funcionamiento, ha llevado a empresas y organismos públicos, en general, a implementar en forma explosiva esta modalidad de trabajo que venía implementándose a un ritmo lento antes de estos acontecimientos. Se encuentra así una cierta similitud con la crisis del petróleo, basada en la necesidad de evitar desplazamientos de trabajadores, disminuir el uso del transporte público y la densidad poblacional de oficinas.

El contexto económico en el cual toma protagonismo el teletrabajo no es el ideal, muchas empresas han dejado de producir por completo, otras han experimentado una importante reducción en la demanda; mientras que algunas pocas han incrementado su cuota de mercado [7].

En este contexto se puede pensar al teletrabajo como un elemento de supervivencia para las organizaciones, esta modalidad laboral cobra importancia en las tensiones generadas en la búsqueda de un equilibrio entre los altos costos que implicarían permanecer inactivos frente al COVID 9 y la política de contención aplicada, misma que conlleva un altísimo nivel de retracción de las actividades.

En este contexto resulta imperioso conocer la realidad del teletrabajo en Argentina, para ello recurrimos a un artículo de Ramiro Albrieu [8], quien expone cifras muy interesantes para su análisis: más allá de los esfuerzos para superar los retrasos tecnológicos, el porcentaje estimado de personas que efectivamente trabajan desde su hogar es menor al 8% de acuerdo a lo relevado por la encuesta permanente de hogares (EPH) correspondiente al tercer trimestre de 2019, y que el 40% de los trabajos no pueden ser realizados en forma virtual. El artículo aporta datos interesantes en cuanto a las mayores posibilidades de implementar esta modalidad de trabajo en ocupaciones de calificación profesional, superando el 50% frente a un escaso 10% en el caso de ocupaciones no calificadas. Otro dato interesante que aporta Albrieu es la diferencia en términos de género donde los hombres ostentan diez puntos porcentuales más que las mujeres, diferencia asociada al tipo de trabajo al que puede acceder cada grupo, el 70% de los roles directivos con alta potencialidad de teletrabajo están ocupados por hombres.

En la figura 1 se puede ver el potencial de teletrabajo en Argentina de acuerdo con la segmentación profesional:

Potencial del teletrabajo en el mercado de trabajo argentino por calificación ocupacional

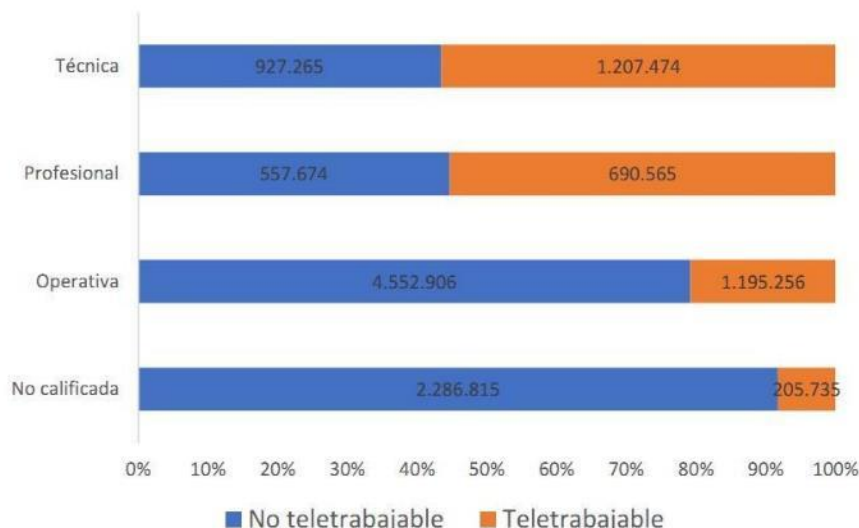


Figura 1. Fuente: Albrieu (2020) en base a EPH tercer trimestre de 2019.

En el análisis de estos números vale destacar su potencialidad dado que no se tienen en cuenta las restricciones o dificultades para que efectivamente las actividades se puedan desarrollar desde el hogar. Estos porcentajes disminuirían considerablemente si se tiene en cuenta el retraso tecnológico de las empresas, particularmente las PyMES, y la dificultad de acceso a las TICs por parte de los trabajadores. Esta dificultad puede encontrarse en el acceso a la tecnología desde lo económico y desde el conocimiento requerido para operarla. La infraestructura necesaria para la incorporación de tecnología en los hogares dista de ser la óptima, no pudiendo acceder los trabajadores en muchos casos a dispositivos digitales adecuados y no aportando las empresas de comunicación una conexión segura a internet.

En la figura 2 se muestran las diez empresas que recibieron mayor cantidad de reclamos en la Ventanilla Única de Defensa del Consumidor en el período comprendido entre el 01/01/2018 y el 30/06/2019, donde puede apreciarse que siete de las diez corresponden a comunicaciones y proveedores de internet.

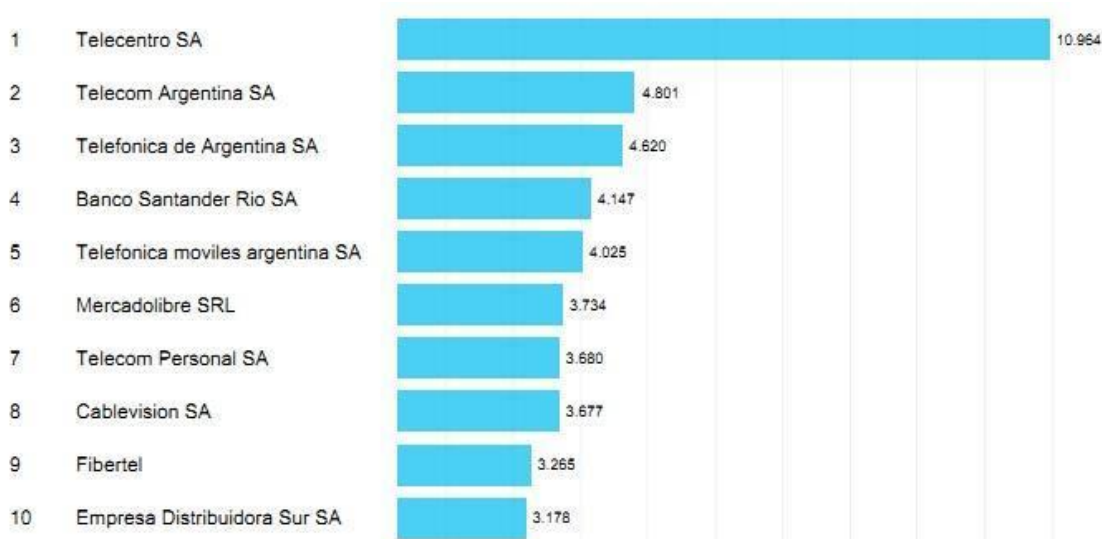


Figura 2: Estadísticas de reclamos.

Fuente: elaboración propia en base a estadísticas de reclamos del Ministerio de Producción y Trabajo

Del análisis de los datos surge que hay sectores más preparados para el cambio de modalidad de trabajo mientras que para otros las posibilidades son nulas. Aquellos sectores donde las posibilidades de implementar el teletrabajo son extremadamente bajas o nulas comprenden por ejemplo: personal doméstico, industria manufacturera, transporte y almacenamiento y construcción

entre otros. Los que presentan mayores posibilidades son los servicios financieros, profesionales, científicas y técnicas, enseñanza, etc.

4. LA APLICACIÓN REAL

Luego de presentar estos datos surge la necesidad de explorar la realidad, basados en la experiencia personal y sabiendo que detrás de las cifras se encuentran personas, decidimos realizar algunas entrevistas para conocer las experiencias con el teletrabajo.

En forma personal experimentamos las clases virtuales, las distintas herramientas utilizadas para las mismas y las complicaciones aparejadas. Tanto en el rol docente como en el de padres, el proceso de adaptación ha sido largo y complejo. Las exigencias para mantener la atención del alumnado han desarrollado la creatividad de los docentes. Las clases virtuales constituyen una invasión a la intimidad, tanto de alumnos como de docentes. Los principales escollos encontrados han sido la fragilidad de las conexiones y una cierta apatía del alumnado, el apagado de cámaras, justificado algunas veces técnicamente, provoca la sensación de estar frente a una cámara de televisión y a una audiencia desconocida. *“Después de cinco minutos de hablar solo, me di cuenta que se había cortado la conexión”*, la experiencia de un docente refleja esta situación.

La necesidad de contar con un espacio adecuado de trabajo es común a todas las actividades factibles de realizarse con la modalidad a distancia. En las clases virtuales ha sido común, al menos en el proceso de adaptación, la irrupción de familiares y mascotas, ruidos, teléfonos, etc.

La visión idílica del teletrabajo como posibilidad de acomodar el trabajo al propio esquema personal y familiar, cae junto con otros mitos como el aumento de la moral y la disminución de estrés. Por otra parte cobra importancia para las empresas el ahorro de viáticos, comedores en planta y energía, los cuales pasan a ser un problema del trabajador.

Otro problema se presenta en procesos administrativos donde la interacción con documentos y expedientes en papel no puede actualizarse fácilmente. La digitalización de documentos y formularios lleva un tiempo y en la transición se deben intercalar actividades remotas y presenciales. Si bien se han hecho esfuerzos para implementar el trabajo remoto durante el asilamiento, como el caso del Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires, solo podría mantenerse una vez finalizado el mismo en casos excepcionales. En estos procesos administrativos de la función pública se conformaron equipos de trabajo que alternan periódicamente la presencia en las oficinas públicas con el teletrabajo. Uno de los cambios culturales requeridos en la planta laboral tiene que ver con la visión del trabajo a distancia ya que muchos lo ven como un trabajo más relajado o como un descanso.

La idea de muchos profesionales acerca del teletrabajo cambió al practicarlo. Entrevistamos a un joven profesional del área de ingeniería de una empresa, quien nos manifestó un balance general positivo de esta modalidad de trabajo. En su alocución se refirió en algunas oportunidades al teletrabajo como un beneficio, algo que antes era mirado con cierto recelo. La organización en la cual se desempeña tenía políticas de teletrabajo previas a la aparición de la pandemia de COVID 19, razón por la cual no se hizo perceptible una gran brecha entre el trabajo a distancia y la modalidad presencial. Las tecnologías incorporadas en la organización facilitaron los procesos de adaptación, facilitando desde comunicaciones y reuniones, hasta el conocimiento del estado de los procesos en tiempo real; *“...está bien aceitado el circuito...”*.

Entre los beneficios percibidos por nuestro entrevistado, se encuentran destacados la disminución de los costos de traslado a la fábrica y el mayor tiempo compartido en familia.

Entre los aspectos negativos se destacan dos, muy reiterados entre los consultados, en primer lugar y como muy negativo, la falta de corte en el trabajo: *“No hay corte para el trabajo, prefiero quedarme más horas en la oficina pero cuando llego a casa el trabajo queda en la empresa”*

Estas apreciaciones, que se han reiterado en los entrevistados, echan por tierra la idea que expresan muchos autores como gran ventaja del teletrabajo, al afirmar que permite una mejor conciliación de la vida laboral, familiar y personal de los trabajadores.

Otro aspecto negativo es la falta de infraestructura en el hogar, factor que también ha sido destacado en otras oportunidades, la falta de mobiliario acorde para tener buenas condiciones ergonómicas durante las extensas jornadas laborales se ve en muchos casos agravado por la falta de equipos o malas conexiones a internet.

Estas carencias de estructura física se sumaron a la falta de un marco normativo que regule el teletrabajo en nuestro país, razón por la cual se ha sancionado una ley que lo regula y establece derechos y obligaciones para ambas partes contractuales.

5. LA LEY DE TELETRABAJO

La nueva normativa – ley 27.555- [9], equipara en derechos y obligaciones a las personas que trabajen en forma presencial con aquellos que lo hagan a distancia, de igual forma se equiparan en cuanto a remuneraciones.

Establece límites claros a la jornada laboral, los cuales deberán ser pactados por escrito en el contrato de trabajo y brinda la posibilidad de cambiar la posición de trabajo en forma voluntaria de presencial a teletrabajo y viceversa. Para garantizar el respeto de la jornada máxima y el descanso de la persona que trabaja, se establece el derecho a desconectarse así como la prohibición al empleador de interrumpir el descanso exigiendo tareas o enviando comunicaciones fuera de la jornada laboral.

El empleador deberá proporcionar el equipamiento necesario, asumiendo los costos de instalación, mantenimiento y reparación, o compensar por la utilización de las herramientas propias del trabajador. A su vez, el trabajador será responsable por el correcto uso y mantenimiento de los equipos provistos, procurando que no sean utilizados por personas ajenas a la relación contractual.

El empleador deberá garantizar la correcta capacitación en nuevas tecnologías, la cual se podrá realizar en forma conjunta con la entidad sindical representativa y el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación.

El empleador también deberá garantizar la protección de los datos utilizados y procesados por la persona que trabaja bajo la modalidad de teletrabajo para fines profesionales, no pudiendo hacer uso de sistemas de vigilancia que violen la intimidad.

Dicha normativa, destaca las siguientes características del teletrabajo:

- Limitación de la jornada laboral.
- Derecho a la desconexión digital.
- Voluntariedad.
- Reversibilidad
- Las herramientas de trabajo deben ser otorgadas, mantenidas y eventualmente reparadas por el empleador.
- Compensación de gastos.
- Contempla derechos sindicales y el deber de registrarse en el Ministerio de trabajo.
- Derecho de intimidad y protección de datos
- Seguridad e higiene.
- Tareas de cuidados (derechos a horarios compatibles con los trabajos de cuidados para las personas que tienen a cargo hijos menores y/o personas con discapacidad o mayores dependientes)

6. CONCLUSIONES

La pandemia de COVID 19 ha acelerado bruscamente el proceso de implementación de nuevas tecnologías en las organizaciones, las TICs, herramientas de la industria 4.0 y el teletrabajo, están siendo implementadas para preservar al personal y a las organizaciones asegurando su supervivencia en un entorno de crisis.

La incorporación del teletrabajo en las organizaciones se encuentra limitada por el tipo de actividad, el nivel de desarrollo tecnológico de las organizaciones, la infraestructura tecnológica de los trabajadores, el nivel de conocimiento técnico de los trabajadores y la necesidad de un cambio cultural, tanto de las empresas como de los trabajadores, que favorezca su implementación. El potencial de aplicación de teletrabajo es limitado, alcanzando a un 25% de los trabajadores. En base a estas características se debería hacer un esfuerzo conjunto del sector empresarial, gubernamental, sindical y de los trabajadores para facilitar la difusión e implementación de esta modalidad laboral. Esfuerzo que ha comenzado con la sanción de una ley, que es perfectible y que superado el plazo de vigencia estipulado en 90 días luego de la finalización de la pandemia, deberá ser revisada, consensuada, y sancionada en forma definitiva.

7. REFERENCIAS:

- [1] Martínez Sánchez, Angel; Pérez Pérez, Manuela; de Luis Carnicer, María Pilar y Vela Jiménez, María José. (2003). Análisis del impacto del teletrabajo en el medioambiente urbano. Boletín Económico del ICE, 2753, 23-39.
- [2] Rodríguez, A. D. y D'Errico, J. (2017). Teletrabajadores: entre los discursos optimistas y los contextos precarizados. Una aproximación desde el caso argentino. Rev. Colomb. Soc., 40(2), 47-66.
- [3] Ellison, Nicole B. (1999). Social Impacts: New Perspectives on Telework. Social Science Computer Review, 17 (3), 338-356.
- [4] Pliskin, Nava. (1997). The telecommuting paradox. Information Technology & People, 10 (2), 164-172.
- [5] Siseles, S. (2013, 2 de agosto). El teletrabajo, una buena opción para la mujer. Clarín.
- [6] Pérez Sánchez, Carmen y Gálvez Mozo, Ana María (2007). Teletrabajo y vida cotidiana: Ventajas y dificultades para la conciliación de la vida laboral, personal y familiar. Athenea Digital, 15, 57-79. Disponible en <http://psicologiasocial.uab.es/athenea/index.php/atheneaDigital/article/view/597>.
- [7] Sordo M. (abril de 2020). Cuál es el rol de la Industria 4.0 en tiempos del COVID-19. www.elhospital.com/temas/Cual-es-el-rol-de-la-Industria-40-en-tiempos-del-COVID-19+134206
- [8] Albrieu, R. (abril de 2020). Evaluando las oportunidades y los límites del teletrabajo en Argentina en tiempos del COVID-19. Buenos Aires: CIPPEC.
- [9] InfoLEG. Información Legislativa. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/340000-344999/341093/norma.htm>

Impacto de la contaminación antrópica sobre los suelos: evaluación de prácticas de remediación

de los Ríos, A.*; Garrido, G.; Amato, A; Leiva, D.; Patitucci, M.; Rodríguez, M.

*Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires.
Argentina. adelosrios@unlam.edu.ar*

RESUMEN

El desarrollo de la conciencia ambiental de las personas, así como los cuidados de la salud, hacen que cada vez sea mayor la demanda de soluciones frente a la problemática de la contaminación. La creciente industrialización de zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de los suelos (menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, presencia de contaminantes) y por ende una disminución en su capacidad productiva. La contaminación antrópica de los suelos justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. Para que la fitoextracción sea posible, los contaminantes deben estar cercanos a la zona radical de las plantas, en formas biodisponibles. Las plantas acumuladoras tienen predisposición genética a compartimentalizar los metales extraídos y así evitar su toxicidad. Pueden adicionarse agentes quelantes orgánicos naturales o sintéticos para incrementar la biodisponibilidad de metales en el suelo. En este trabajo se estudiará experimentalmente el efecto, sobre la calidad de los suelos y vegetales, de la adición de sustancias orgánicas a través de análisis físico-químicos y ecotoxicológicos.

Palabras clave: remediación- huertas urbanas- agentes quelantes

ABSTRAC

The development of people's environmental awareness, as well as health care, make the demand for solutions to the problem of pollution ever greater. The increasing industrialization of peri-urban areas has resulted in a marked deterioration of soils (lower content of organic matter, with chemical and biological imbalance, presence of pollutants) and therefore a decrease in their productive capacity. The anthropic contamination of soils justifies the study of low-cost remediation strategies, such as phytoremediation and the addition of natural and synthetic organic compounds. For phytoextraction to be possible, the contaminants must be close to the root zone of the plants, in bioavailable forms. Accumulating plants have a genetic predisposition to compartmentalize the extracted metals and thus avoid their toxicity. Natural or synthetic organic chelating agents can be added to increase the bioavailability of metals in the soil. In this work the effect, on the quality of soils and plants, of the addition of organic substances through physicochemical and ecotoxicological analyzes will be studied.

Keywords: remediation- urban gardens- chelating agents

1. INTRODUCCIÓN

Las regiones urbanas y periurbanas de la provincia de Buenos Aires han sufrido amplias modificaciones en el paisaje y en la provisión de los servicios ecosistémicos en los últimos años. El vertido de aguas residuales con o sin tratamiento, provenientes de la industria, efluentes cloacales, desechos domésticos y los contaminantes asociados al escurrimiento superficial de aguas pluviales, han llevado a esta situación [1]. Si la concentración de metales en los suelos supera ciertos niveles máximos admisibles, esto constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general. [2]. En el caso de la República Argentina, los "valores guía" o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos se encuentran tabulados en el Decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (Tabla 1), la cual fue sancionada en el año 1991 [3].

La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. En este contexto es necesario el empleo de prácticas de manejo que promuevan la recuperación y mantenimiento de los suelos, y por lo tanto la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost. El compost está reconocido mundialmente como un material agrónomicamente completo y fuente de recursos minerales, pudiendo ser aplicado como fertilizante (suministrador de nutrientes) y como enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo), permitiendo recuperar distintas especies químicas contenidas en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que algunos de éstos ejercen sobre el medio ambiente.

La fitoextracción es otro de los procedimientos que pueden utilizarse para el saneamiento ambiental. Es una tecnología emergente que consiste en el empleo de especies vegetales acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se emplea con el objetivo de mejorar ambientes degradados y, en comparación con otras técnicas como la remoción de suelo o la lixiviación química de contaminantes, tiene menores costos de implementación y menor impacto ambiental. La fitoextracción recae principalmente en especies que puedan trastocar grandes cantidades de uno o más metales hacia la parte aérea de la planta. La implementación de cultivos sucesivos en un sitio contaminado con metales puede ser una alternativa, con la condición de que la biomasa de plantas cosechada supere en contenido de metales a posibles nuevas entradas al sistema, hasta lograr que la concentración en el suelo alcance niveles aceptables, como aquellos establecidos en la legislación mencionada. Es bien conocido que el pH es uno de los parámetros que más influyen sobre la movilidad y/o disponibilidad de los metales [4]. Por ello utilizar agentes químicos que actúen sobre este parámetro puede llegar a ser una alternativa para aumentar la disponibilidad de metales para las plantas utilizadas para remediar la contaminación de los suelos [5]. A pesar de los antecedentes hallados que permiten considerar a una planta como fitoextractora, o no, de algún metal, es esencial poner a prueba su potencial de fitoextracción en el suelo específico a ser remediado.

El objetivo del presente trabajo, que se encuentra en proceso, es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Suelos y sustratos

Las muestras de suelo y de compost tomadas de zonas de huertas del partido de La Matanza (Figuras 1 y 2) fueron secadas al aire y luego molidas y tamizadas, para obtener un sustrato homogéneo a partir de un muestreo compuesto (Figuras 3 y 4). En el caso de los compost fueron identificados del 1 a 6. En todos los casos se realizaron 3 repeticiones de cada muestra para cada parámetro determinado.



Figuras 1 - 2 Barrio René Salamanca, González Catán. Huerta comunitaria.



Figura 3 y 4 Muestras de suelos y compost secadas al aire, molidas y tamizadas

Se caracterizaron materiales orgánicos (compost) de uso en horticultura y suelos con y sin el agregado de compost. El pH se midió por método potenciométrico en relación 1:2,5 (suelo-agua) y en pasta con un peachímetro HANNA® HI 9827, la conductividad eléctrica en pasta de saturación con un conductímetro Adwa AD 204. Además, se determinó carbono fácilmente oxidable (C_{fox}) (Walkley y Black, 1934), materia orgánica (MO) y fósforo extractable (Bray y Kurtz, 1945) (Figuras 5 y 6)



Figuras 5 y 6 Medición de conductividad eléctrica y Fósforo extractable.

2.2. Ensayo de contaminación

Se realizaron ensayos de contaminación sobre dos tipos de sustratos: i) un suelo degradado (SD) proveniente de una zona de huertas de González Catán y tierra fértil comercial (TF) utilizada para el crecimiento de plantines hortícolas en almácigos.

Dichos sustratos fueron contaminados con soluciones preparadas para tal fin, de metales frecuentemente hallados en suelos contaminados: Cobre (Cu); Cinc (Zn) y Plomo (Pb) en distintas concentraciones. La concentración de las soluciones se seleccionó siguiendo el criterio establecido por la ley nacional 24.051 (Tabla 1) para suelos de uso agrícola.

Tabla 1 Máximos permisibles de metales pesados (mg.kg^{-1}) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario 831 de la Ley 24.051).

	Pb	Cu	Cr	Zn	Cd
Agrícola	375	150	750	600	3
Residencial	500	100	250	500	5
Industrial	1000	500	800	1500	20

Se prepararon soluciones de los metales mencionados en dos concentraciones, la máxima permitida y a la mitad de dicha concentración (Tabla 2).

Solución	Concentración (mg.L ⁻¹ del metal)
CuSO ₄ (sulfato de cobre II)	75
	150
ZnSO ₄ (sulfato de cinc)	300
	600
Pb(NO ₃) ₂ (nitrato de plomo II)	200
	400

Tabla 2 Concentraciones de soluciones de metales pesados (mg. L⁻¹) empleadas para el riego.

En bandejas plásticas se pesaron 250g de los dos sustratos (SD y TF) regados con 100ml de las soluciones preparadas de los tres contaminantes en dos concentraciones distintas en el mismo momento. Se dejó reposar durante 21 días. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento. Los testigos consistieron en las correspondientes muestras de SD y TF regado con 100ml de agua destilada el mismo día que los tratamientos anteriores.

Se prepararon extractos acuosos a partir de los sustratos contaminados en proporción 1:2 (1 parte de mezcla, 2 partes de agua destilada). Posteriormente se midió el pH (peachímetro HANNA® HI 9827) y la conductividad eléctrica con conductímetro Adwa AD 204 de los extractos acuosos obtenidos a partir de cada tratamiento: sustratos contaminados y testigo.

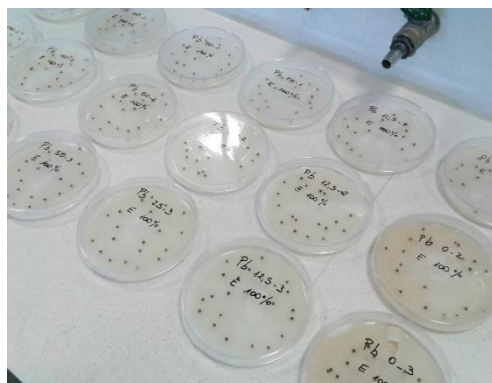
2.3. Ensayo de Germinación

Se diseñaron bioensayos de ecotoxicología (pruebas de fitotoxicidad). Para ello se realizó un ensayo de germinación de lechuga (*Lactuca sativa*) en placas de Petri (Figuras 7 y 8). Se dispusieron 42 placas en total, considerando los 7 tratamientos en cada sustrato SD y TF (Cu75; Cu 150; Pb 200; Pb 400; Zn 150; Zn 300 y agua destilada) siendo 3 placas por tratamiento (3 repeticiones). Se colocaron 10 semillas por placa sobre discos de papel de filtro con 7 ml de cada extracto preparado. Se mantuvo a una temperatura de 22 ± 2 °C y en condición de oscuridad. A los 6 días se midió la longitud de las radículas sobre papel milimetrado para estudiar el efecto de los metales contaminantes sobre la germinación y el desarrollo radicular de la especie. Con los datos registrados se calculó la elongación radicular relativa (ER%) (Ecuación 1) y la germinación relativa (GR%) (Ecuación 2) y en base a estos resultados se calculó el índice de germinación (IG%) según la Ecuación 3.

$$ER\% = \frac{\text{Longitud radicular tratamiento}}{\text{Longitud radicular blanco}} 100 \quad (1)$$

$$GR\% = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas tratamiento}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas blanco}} 100 \quad (2)$$

$$IG (\%) = \frac{(ER\% + GR\%)}{100} \quad (3)$$



Figuras 7 y 8 Ensayo de germinación: medición de longitud radicular y poder germinativo.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

En el presente periodo se desarrollaron los ensayos experimentales que nos permiten conocer las características físico – químicas de los sustratos a utilizar en los ensayos de germinación, así como la respuesta de una especie vegetal a la contaminación.

3.1. Caracterización físico-química de sustratos

Se caracterizaron en el laboratorio los compost que serán utilizados en las mezclas empleadas en los experimentos biológicos, a través de sus propiedades físico-químicas y químicas más relevantes. Se trata de compost provenientes de huertas orgánicas y de productores hortícolas, todos producidos a partir de restos vegetales.

En las tablas 3; 4 y 5 se indican los valores medidos para los parámetros que permitieron caracterizar los compost.

Tabla 3 Valores de pH determinados para los compost

COMPOST (N°muestra)	1	2	3	4	5	6
pH en agua 1:2,5	7,6	7,4	7,2	7,6	6,8	7,6
pH en pasta	7,1	7,1	7,2	7,3	6,7	7,4

Tabla 4 Valores en porcentajes de Carbono fácilmente oxidable (%C fox), Carbono total (%C total) y contenido de materia orgánica (%MO) determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
%C fox	1,30	2,74	2,18	2,47	12,01	14,14
%C total	1,69	3,56	2,83	3,12	15,61	18,38
% MO	2,86	6,04	4,80	5,47	26,42	31,10

Tabla 5 Contenido de Fósforo (P) disponible en las muestras de compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
P disponible (mg.Kg ⁻¹)	182,36	184,36	195,42	185,36	181,37	171,49

En la siguiente tabla (Tabla 6) se presentan los resultados de las determinaciones físico- químicas realizadas sobre las mezclas de sustratos contaminados.

Tabla 6 Determinación de pH y conductividad eléctrica en sustratos contaminados de dos orígenes.

	MUESTRA	pH	C.E. (µS)
TIERRA FÉRTIL	Cu 75	7,82	1537,67
	Cu 150	7,89	1487,00
	Pb 200	7,77	1347,67
	Pb 400	7,76	1305,33
	Zn 300	7,79	1636,67
	Zn 600	7,60	1934,33
SUELO	Cu 75	6,36	234,33
	Cu 150	6,06	395,33
	Pb 200	6,30	345,33
	Pb 400	6,14	389,67
	Zn 300	6,15	487,67
	Zn 600	6,02	690,00

Se determinaron bajos valores para los parámetros pH y CE medidos (Tabla 6) y para los índices biológicos calculados (Tabla 8) comparados con los mismos parámetros medidos en el sustrato comercial: pH levemente ácido (alrededor de 6) y baja conductividad eléctrica.

3.2 Germinación

Con respecto al índice de germinación en suelo contaminado, es bajo (IG ≤ 55%) en todos los tratamientos (Tabla 8). Un IG menor a 50% indica alta fitotoxicidad (Tabla 7).

Tabla 7 Índice de germinación (IG%) tomado de Ermino y Warman (2004)

IG%	Categoría
<50%	Alta fitotoxicidad
50% - 80%	Moderada fitotoxicidad
> 80%	No se detecta fitotoxicidad

Según las categorías establecidas por Ermino y Warman (2004) (Tabla 7) los tratamientos realizados sobre tierra fértil muestran valores de %IG entre 50 – 80% (Tabla 8) correspondientes a una moderada fitotoxicidad.

Tabla 8 Valores de elongación radicular relativa (ER%); germinación relativa (GR%) e índice de germinación (IG%)

	MUESTRA	%ER	%GR	%IG
TIERRA FÉRTIL	Cu 75	91,78	76,00	69,75
	Cu 150	96,04	72,00	69,15
	Pb 200	93,97	72,00	67,66
	Pb 400	74,74	92,00	68,76
	Zn 300	98,95	80,00	79,16
	Zn 600	98,73	68,00	67,13
SUELO	Cu 75	91,71	60,00	55,03
	Cu 150	66,85	72,00	48,13
	Pb 200	51,92	60,00	31,15
	Pb 400	73,53	64,00	47,06
	Zn 300	55,35	24,00	13,28
	Zn 600	72,73	76,00	55,27

4. CONCLUSIONES

En el suelo hortícola contaminado se verificó en general bajos valores para los parámetros medidos, tanto físico – químicos como biológicos en relación a los mismos parámetros medidos en el sustrato comercial. Valores de pH levemente ácido y una baja conductividad eléctrica que puede deberse a una baja concentración de cationes y aniones que constituyen la fertilidad del suelo. Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica. Ambos juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo.

En los tratamientos sobre tierra fértil los valores de %IG muestran una moderada fitotoxicidad, posiblemente debido al mayor contenido de materia orgánica que presenta este tipo de sustrato. Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos, pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo. Por lo tanto, el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la incorporación de sustancias orgánicas.

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. Este año nos habíamos propuesto cumplimentar con los ensayos físico- químicos y biológicos poniendo a prueba el efecto del agregado de sustancias orgánicas sobre la capacidad reguladora de los suelos estudiados. La situación actual de pandemia no nos ha permitido continuar y concluir nuestro estudio. El próximo paso será realizar ensayos de fitoremediación para evaluar la capacidad extractiva de las sustancias orgánicas y sintéticas seleccionadas, añadiéndolas a las muestras de suelos contaminados. Esperamos con este trabajo poder realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el

cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan con suelos impactados ambientalmente.

5. REFERENCIAS

- [1] Malpartida, A.R. (2003). La cuenca del río Matanza-Riachuelo: revisión de antecedentes: recursos naturales, compuestos xenobióticos y otros contaminantes. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.php3
- [2] Tipping, E.; Rieuwerts, J.; Pan, G.; Ashmore, M.R.; Lofts, S.; Hill, M.T.R. (2003). The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales. *Environ Pollut* 125:213–225.
- [3] ACUMAR. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/>
- [4] Alkorta, I.; Epelde, L.; Mijangos, I.; Amezaga, I.; Garbisu, C. (2006). Bioluminescent bacterial biosensors for the assessment of metal toxicity and bioavailability in soils. *Rev Environ Health* 21:139–152.
- [5] Page A.L., R.H. Miller, D. Keeny. (1982). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Soil Sci. Of America Madison WI USA. 1159 pp.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Nacional de La Matanza por su apoyo y financiamiento del proyecto de investigación CyTMA2 C2-ING-063.

Importancia del modelo de gestión de infraestructuras pesqueras para garantizar su operatividad

Cabana Nieto, Elmer

Universidad Nacional de Ingeniería, Unidad de posgrado de la facultad de ingeniería industrial y de sistemas - 15333 Rimac. elmer.cabana.n@uni.pe*; gvaldivia@uni.edu.pe

RESUMEN.

El presente artículo tiene por objetivo dar a conocer la importancia del modelo de gestión de infraestructuras pesqueras que busca garantizar su operatividad. Se evidencia la problemática existente en el actual modelo gestión, pese a la existencia de normas que regulan aspectos técnicos para su operatividad.

El modelo de gestión permite garantizar el tráfico marítimo de las embarcaciones pesqueras durante las operaciones de descarga de recursos hidrobiológicos.

Se advierte la importancia de servicios complementarios en las infraestructuras pesqueras, relacionadas a la operatividad de los mismos, a fin de garantizar el incremento de actividades de desembarque de recursos hidrobiológicos para el incremento de ingresos económico que contribuyan con la sostenibilidad operativa.

El Perú cuenta con 116 puntos de desembarque, de los cuales, 55 (47.41%), entre públicos y privados, cuentan con Habilitación Sanitaria para la realización de operaciones pesqueras. Del total de infraestructuras pesqueras habilitadas, los públicos representan el 21.82% (12) mientras que los privados 71.18% (43), esta condición brinda mayor confianza para que los propietarios de embarcaciones pesqueras (armadores pesqueros) realicen sus operaciones en dichas infraestructuras, siendo importante que el modelo de gestión considere la habilitación sanitaria como eje fundamental de desarrollo del sector pesquero.

Palabras Claves: Infraestructura pesquera, gestión, operación, desembarque

ABSTRACT

The objective of this article is to publicize the importance of the fishing infrastructure management model that seeks to guarantee its operability. The existing problems in the current management model are evident, despite the existence of standards that regulate technical aspects for its operation. The management model makes it possible to guarantee the maritime traffic of fishing vessels during the discharge operations of hydrobiological resources.

The importance of complementary services in the fishing infrastructures, related to their operation, is noted, in order to guarantee the increase in landing activities of hydrobiological resources for the increase of economic income that contribute to operational sustainability.

Peru has 116 landing points, of which 55 (47.41%), between public and private, have Sanitary Qualification to carry out fishing operations. Of the total authorized fishing infrastructures, the public ones represent 21.82% (12) while the private ones 71.18% (43), this condition provides greater confidence for the owners of fishing vessels (fishing shipowners) to carry out their operations in said infrastructures, being It is important that the management model considers sanitary qualification as a fundamental axis of development of the fishing sector.

Keywords: Fishing infrastructure, management, operation, disembarkation

1. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una riqueza de fauna marina en las 200 millas del mar territorial, donde se realiza actividad pesquera artesanal e industrial, la actividad pesquera comprende las actividades de extracción y procesamiento de recursos hidrobiológicos como peces, moluscos, crustáceos y otras especies.

Los recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad pesquera artesanal son destinados al Consumo Humano Directo – CHD, principalmente a la industria del Fresco, Congelado, Enlatado y Curado, mientras que, los recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad pesquera industrial son destinados principalmente al Consumo Humano Indirecto – CHI, para la producción de harina y aceite de pescado.

En junio de 2020, el desembarque de recursos pesqueros destinado al Consumo Humano Directo registró 40.2 miles de TM, significando ello, una disminución en 37.8% con relación a junio de 2019. Este resultado se debe a la menor extracción de recursos orientados a las industrias de congelado (-41.2%), enlatado (-32.2%) y en estado fresco (-37.1%), como consecuencia de la continuación del Estado de Emergencia Sanitaria por la pandemia del COVID-19. No obstante, el rubro de curado (+16.1%) registró un buen desempeño. Entre las principales especies que registraron un comportamiento negativo, en relación al desembarque fueron: pota (-48.7%), anchoveta (-41.0%), merluza (-42.0%) y jurel (-46.0%). Sin embargo, cabe resaltar, el buen desempeño en la extracción de la especie barrilete (+78.1%), que contribuyó, principalmente, al rubro del enlatado (*Figura 1*).

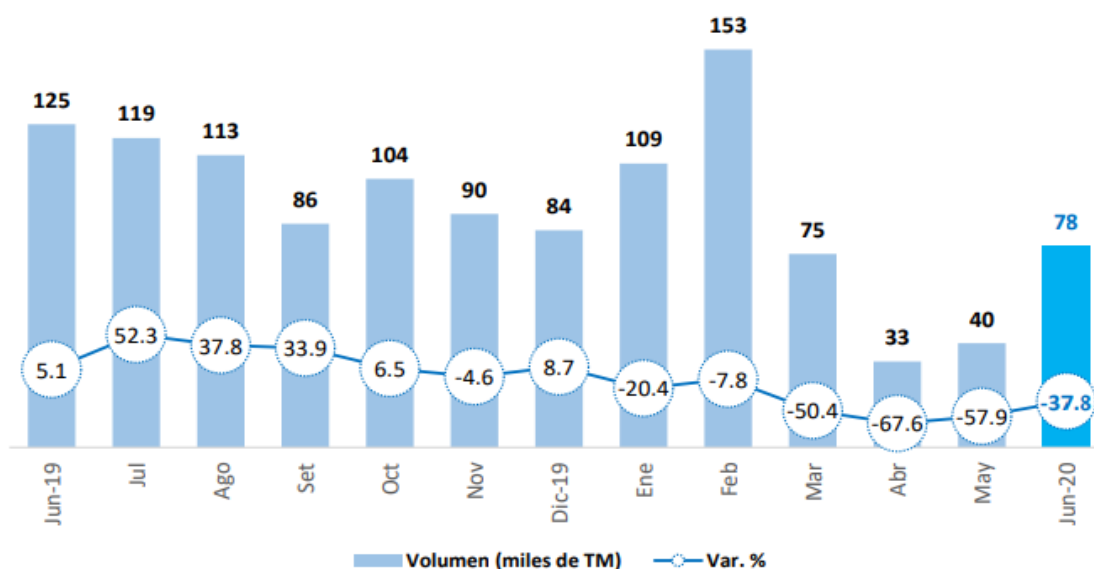


Figura 1, Desembarque de recursos Pesqueros con destino al Consumo Humano Directo (Miles de TM y Variación % interanual).

Fuente Ministerio de la Producción –PRODUCE 2020

En junio de 2020, el desembarque de anchoveta para el Consumo Humano Indirecto (CHI) registró 1 millón 330.7 miles de TM, cifra superior en 651.6 miles de TM al volumen registrado en junio de 2019 (679.2 miles de TM). Este importante incremento es el resultado de la estabilidad de la biomasa de anchoveta, que permitió a los agentes pesqueros extraer dicho recurso con normalidad en plena Primera Temporada de Pesca 2020 en la zona Norte-Centro que inició el 13 de mayo del 2020. Los puertos con mayores volúmenes de descarga son Malabrigo (333 mil TM), Chimbote (272 mil TM), Callao (190 TM) y Coishco (150 mil TM), que, en su conjunto, representan el 71.0% del desembarque nacional destinado a la industria harinera (*Figura 2*).

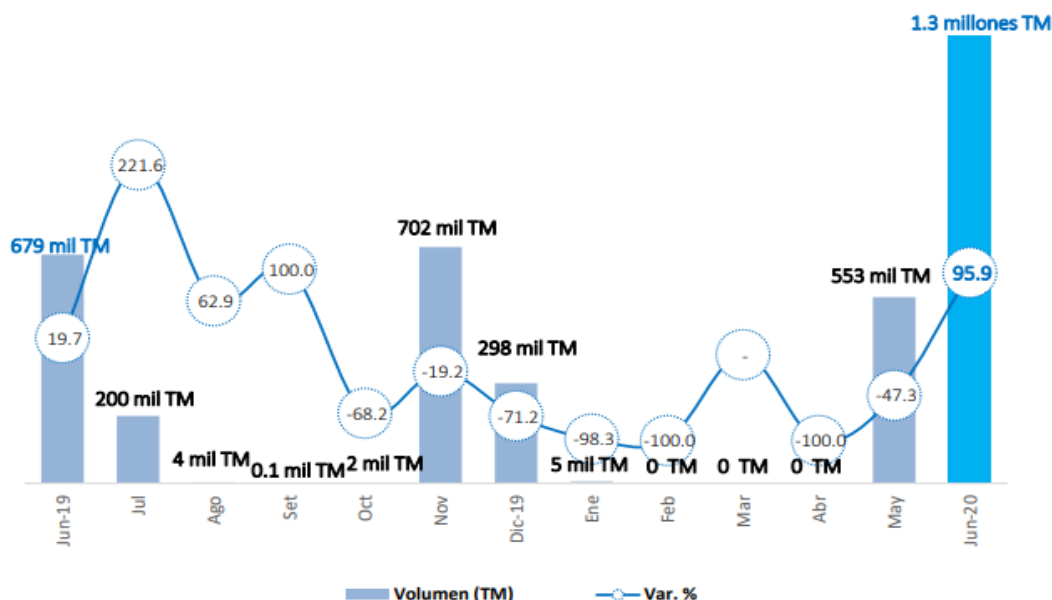


Figura 2 Desembarque de recursos Pesqueros con destino al Consumo Humano Indirecto (Volumen en TM y Variación % interanual).
Fuente Ministerio de la Producción 2020

1.1. La Extracción:

Es la fase de la actividad pesquera que tiene por objeto la captura de los recursos hidrobiológicos mediante la pesca, la caza acuática o la recolección en el ámbito marítimo o continental [3].
Clasificación de la Extracción en el Ámbito Marino:

1.1.1 Comercial

a) Artesanal o Menor Escala:

Artesanal: Actividad extractiva realizada por personas naturales o jurídicas artesanales

- Sin el empleo de embarcación.
- Con el empleo de embarcaciones pesqueras de hasta 32,6 metros cúbicos de capacidad de bodega y hasta 15 metros de eslora (largo de la embarcación), con predominio del trabajo manual.

Menor Escala: Actividad realizada con embarcaciones de hasta 32,6 metros cúbicos de capacidad de bodega, implementadas con modernos equipos y sistemas de pesca, cuya actividad extractiva no tiene la condición de actividad pesquera artesanal.

b) Mayor Escala

Actividad extractiva realizada con el empleo de embarcaciones pesqueras mayores de 32,6 metros cúbicos de capacidad de bodega.

1.1.2. No Comercial

De investigación Científica: Actividad extractiva realizada con fines de incrementar el conocimiento de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas.

Deportiva: Actividad extractiva realizada con fines de recreación.

De subsistencia: Actividad extractiva realizada con fines de consumo doméstico o trueque, sin fines de lucro.

1.2. El Desembarque

El desembarque y/o descarga de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad extractiva se realiza en las Infraestructuras pesqueras (desembarcaderos pesqueros) destinadas para dicho fin.

1.2.1. Infraestructura de Desembarque

Es la infraestructura donde se realizan las actividades de desembarque y despacho, manual o mediante sistemas de 2 desembarque, de recursos y/o productos hidrobiológicos provenientes de la pesca y/o de la acuicultura, y cuando corresponda, el pesado y enfriado con hielo. Configuran como infraestructuras de desembarque: puntos de desembarque temporal, desembarcaderos

pesqueros artesanales o secciones del mismo, muelles o secciones del mismo, plataformas o artefactos navales destinados para el desembarque.

1.2.2. Sistema de Desembarque

Equipamiento mecánico y/o hidráulico instalado sobre una infraestructura de desembarque que permite realizar actividades de desembarque y despacho de recursos y/o productos hidrobiológicos

1.3. El Procesamiento.

Es la fase de la actividad pesquera destinada a utilizar recursos hidrobiológicos, con la finalidad de obtener productos elaborados y/o preservados, esta actividad se realiza cumpliendo las normas de sanidad, higiene y seguridad industrial, calidad y preservación del medio ambiente, con sujeción a las normas legales y reglamentarias [3].

Clasificación de la actividad de Procesamiento:

1.3.1. Artesanal

Procesamiento que emplea instalaciones y técnicas simples con predominio del trabajo manual.

1.3.2. Industrial

Procesamiento que emplea técnicas, procesos y operaciones que requieran de maquinarias y equipos, cualquiera que sea el tipo de tecnología empleada.

Durante el año 2012, en el Perú, se realizó el I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo [4], obteniendo la siguiente información:

- 44,161 pescadores artesanales.
- 12,398 armadores artesanales.
- 16,045 embarcaciones pesqueras artesanales.
- 116 puntos de desembarque públicos.
- 184 astilleros y carpinterías navales.

El Ministerio de la Producción – PRODUCE, a través del Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, promueve y desarrolla la construcción de infraestructuras pesqueras y el equipamiento para su desarrollo, mediante la entrega en administración, uso u otra modalidad legal, de los siguientes bienes:

- a) Muelles, desembarcaderos y otros sistemas de desembarque;
- b) Módulos para el manipuleo, lavado y fileteo de pescado;
- c) Plantas o cámaras de hielo o frío, así como camiones isotérmicos y otros vehículos de transporte refrigerado; y,
- d) Plantas de transformación o procesamiento primario y otros equipos, tales como ahumadores y secadores.

A junio del 2020, sólo cincuenta y cinco (55) Infraestructuras pesqueras entre públicas y privadas se encuentran con habilitación sanitaria, la distribución de estas se encuentra en la Tabla 1. La Habilitación Sanitaria es el título habilitante emitido por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES, obtenido a través de un procedimiento por el cual la autoridad sanitaria verifica que el diseño, construcción, equipamiento y las condiciones operativas de la infraestructura pesquera, cumple con todos los requisitos señalados en la normativa sanitaria vigente.

Tabla 1. *Puntos de Desembarque por Región*

Región	Puntos de Desembarque	Puntos de Desembarque Habilitados
Piura	23	20
Ancash	15	12
Ica	15	8
La Libertad	12	
Tumbes	9	
Arequipa	8	3
Lima	8	9
Lima Provincia Norte	7	
Callao	6	
Lambayeque	5	1
Lima Provincia Sur	4	

Tacna	3	1
Moquegua	1	1
Total	116	55

Fuente: Ministerio de la Producción – PRODUCE
Elaboración Propia

La habilitación sanitaria se basa en una evaluación técnica y verificación in situ del cumplimiento obligatorio de los requerimientos sanitarios de diseño, construcción, equipamiento y operación de la infraestructura pesquera, de la viabilidad de los productos hidrobiológicos, de la implementación de buenas prácticas y procedimientos de higiene, así como de la aplicación de los principios establecidos en el plan de análisis de peligros y puntos críticos de control - APPCC (Plan APPCC o Plan HACCP por sus siglas en inglés), según aplique al tipo de actividad; lo cual debe estar en concordancia con la normativa nacional vigente, y estándares internacionales reconocidos en materia de sanidad e inocuidad.

En la Tabla 2. se muestra la distribución de infraestructuras pesqueras públicas y privadas habilitadas sanitariamente, las infraestructuras públicas representan el 21.82%, mientras que las infraestructuras privadas representan el 71.18%. Esto genera que armadores pesqueros responsables, prioricen realizar descargas de recursos hidrobiológicos en desembarcaderos pesqueros habilitados sanitariamente y en las que exista disponibilidad para realizar sus operaciones de forma rápida y segura.

Tabla 2. *Infraestructuras Pesqueras con Habilitación Sanitaria*

Región	Infraestructura Pesquera		TOTAL
	Pública	Privada	
Piura	3	17	20
Lambayeque	1	-	1
Ancash	1	11	12
Lima	1	8	9
Ica	3	5	8
Arequipa	2	1	3
Moquegua	-	1	1
Tacna	1	-	1
	12	43	55
	21.82 %	71.18 %	100 %

Fuente: Ministerio de la Producción – PRODUCE
Elaboración Propia

Si bien el I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo realizado el año 2012, identificó la existencia de 116 puntos de desembarque públicos, a la fecha sólo 12 de estas (10.34%), se encuentra con habilitación sanitaria, lo que limita el desarrollo sostenible de la actividad pesquera en el país [4].

El concepto de desarrollo sostenible partió de la búsqueda de compatibilidad entre el desarrollo económico y la protección y uso adecuado de los recursos naturales. Esta visión fue ampliándose a otras dimensiones, de forma que actualmente, el concepto de desarrollo sostenible posee un carácter integral, multidimensional e interactivo. Este concepto de sostenibilidad está siendo aplicado en forma emergente por autoridades del sector transporte y muchos otros campos de actividad e industrias a nivel mundial, fuertemente impulsada por iniciativas que incorporan la variable ambiental y la responsabilidad social empresarial en la gestión estratégica de las empresas [1]

La gestión por procesos y la gestión tradicional son estilos de gestión con características diferentes entre ellos. El primero implica una visión transversal de la empresa que persigue satisfacer las necesidades del cliente y que facilita una visualización más explícita de la cadena de valor del sistema productivo permitiendo lograr mayor eficiencia de los procesos. La gestión tradicional más arraigada en las funciones presenta una inercia natural para desprenderse de los paradigmas propios de este enfoque. Este segundo enfoque puede entenderse como un enfoque en que el cliente está más distante de los procesos productivos, sin olvidar que, en los procesos de servicios, una característica que los distingue es que el cliente está más cerca del proceso operacional [2].

1.4. Gestión de Infraestructuras Pesqueras

El Ministerio de la Producción – PRODUCE, es el ente rector en materia de gestión de infraestructura pública destinada al desembarque pesquero para Consumo Humano Directo - CHD y que, en el marco del proceso de descentralización estos, son transferidos a los gobiernos regionales, para que mediante concurso seleccione a la Organización Social de Pescadores Artesanales – OSPA que será la responsable de administrar dicha infraestructura (Figura 3).

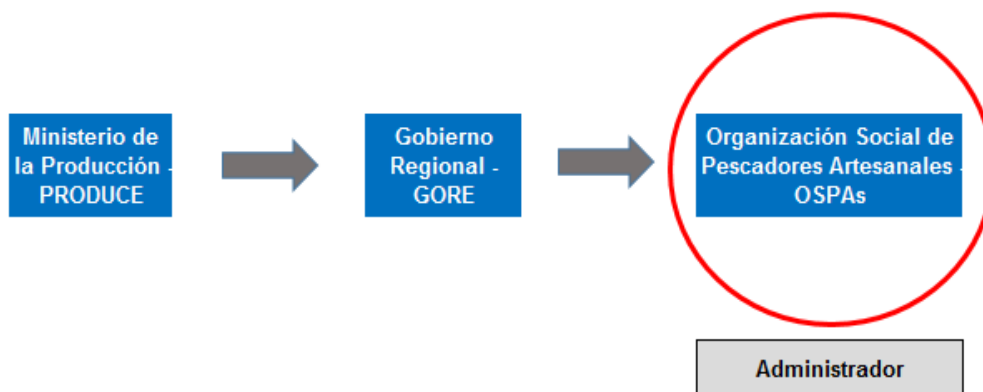


Figura 3 Proceso de transferencia de Infraestructura Pesquera Artesanal – IPAs
Fuente Ministerio de la Producción-PRODUCE
Elaboración Propia

La Política Nacional de Desarrollo de Infraestructura de la Pesca para Consumo Humano Directo se centra en tres ejes de desarrollo del sector pesquero de acuerdo al siguiente detalle [5]

- i) Fomentar el desarrollo económico a través de la competitividad del sector;
- ii) Utilizar los recursos hidrobiológicos bajo criterios de sostenibilidad y;
- iii) Fortalecer la regulación y el ordenamiento pesquero del país.

Mediante la Resolución Viceministerial N° 110-2012-PRODUCE, se aprobó el Convenio de Gestión para la Administración de las Infraestructuras Pesqueras entre el Ministerio de la Producción – PRODUCE o Gobierno Regional - GORE, el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES y la Organización Social de Pescadores Artesanales - OSPAs (Figura 4).



Figura 4 Convenio de Gestión para la Administración de Infraestructuras Pesquera Artesanal - IPAs
Fuente Ministerio de la Producción-PRODUCE
Elaboración Propia

Los lineamientos para la gestión administrativa de los desembarcaderos pesqueros artesanales fueron aprobados con Decreto Supremo N° 014-2016-PRODUCE, para garantizar que en las infraestructuras del estado se desarrollen servicios y actividades de atraque, embarque, desembarque, manipuleo, almacenamiento y comercialización de los recursos pesqueros provenientes de la pesca [5].

La actual gestión se sustenta en seis principios fundamentales:

1.4.1. Eficiencia.

Las gestiones de los Desembarcaderos Pesqueros Artesanales deben desarrollarse con eficiencia en base a un estándar de servicio definido de manera tal que los usuarios estén en capacidad de saber qué es lo que pueden esperar de él.

1.4.2. Autosostenimiento.

La administración debe conservar el valor del patrimonio del Estado, infraestructura pesquera, equipos, maquinarias y demás bienes, mediante la ejecución de planes de conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipo.

1.4.3. Autofinanciamiento.

La operación de los Desembarcaderos Pesqueros se sustenta en los ingresos propios que se generan por la prestación de servicios, mediante la aplicación de tarifas a los usuarios que utilizan los servicios, las mismas que son aprobadas por la autoridad gubernamental competente.

1.4.4. Participación.

Involucrar a los agentes económicos y sociales vinculados a los servicios prestados a través de los Desembarcaderos Pesqueros Artesanales en un proceso formal, organizado y responsable para adoptar medidas de sostenibilidad, que asegure transparencia en la información, la selección en caso de tercerización, y en la toma de decisiones.

1.4.5. Equidad.

Eliminar cualquier fuente de discriminación arbitraria que ponga en desventaja a una comunidad o un actor involucrado frente a la sociedad

1.4.6. Sostenibilidad

Las gestiones de los Desembarcaderos Pesqueros Artesanales deben desarrollarse en armonía con la conservación de los recursos y del ambiente considerando la satisfacción de las necesidades sociales y económicas de la población y de los usuarios.

Para los países de América Latina y el Caribe (ALC), la actividad pesquera artesanal y de pequeña escala es de gran importancia por su contribución a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza, pues no solo genera empleo, sino permite el ingreso de divisas resultado de las exportaciones de pescado y de productos pesqueros [7].

Desde una perspectiva social, aunque para el caso peruano no existen estimados actualizados sobre el aporte de la pesca a la seguridad alimentaria, un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011) señala que para 2007, el 15,7% del consumo de proteínas animales por parte de la población mundial provenía de recursos pesqueros y que para un total de 1,5 millardos de personas, los recursos pesqueros representan el 20% de su ingesta de proteínas.

Es competencia del Ministerio de la Producción – PRODUCE o del Gobierno Regional – GORE la administración de las Infraestructuras Pesqueras Artesanales en tanto estas constituyen infraestructuras públicas, por lo que deben de efectuar las acciones necesarias para contar con el personal adecuado.

Los Desembarcaderos Pesqueros transferidos, mediante convenio para su administración a las Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales - OSPAs cuentan con las siguientes condiciones: (Figura 5).

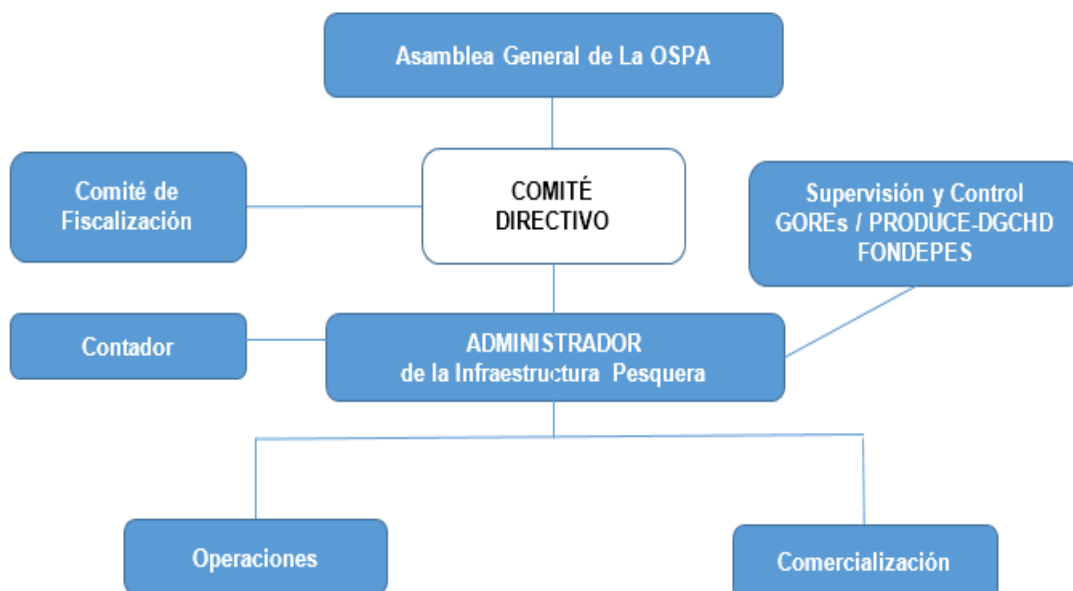


Figura 5 Administración de Infraestructuras Pesquera Artesanal - IPAs
Fuente Ministerio de la Producción-PRODUCE

- La administración es ejercida por un plazo de 4 años renovables.
- El administrador seleccionado debe permitir el acceso a la supervisión por el ente rector o las que haga sus veces.
- El recurso para financiar la administración proviene de los ingresos de la Infraestructura Pesquera.
- Se establece un plan de inversiones sustentado en los ingresos de las Infraestructura Pesquera.
- Es obligatorio la auditoria interna o externa.
- En caso de resolverse el convenio o concluida la misma, los activos generados, así como la infraestructura, instalaciones y equipos entregados previo inventario al inicio de la gestión, serán entregados a la nueva administración a fin de que esta asuma la gestión o en su defecto al Gobierno Regional – GORE o Ministerio de la Producción – PRODUCE de corresponder.

1.5. Documentos de Gestión

La gestión de Infraestructuras pesqueras trabaja en el marco de lo establecido en los siguientes documentos técnicos.

- *Manual de Organización y Funciones*
- *Plan Operativo y Presupuesto Anual*
- *Programa de Mantenimiento Higiénico-Sanitario*
- *Directiva de Tarifas.*
- *Reglamento Interno de Trabajo*

1.6. Problemática en las Infraestructuras Pesqueras

En el Perú la actividad pesquera es regulada por el ente rector Ministerio de la Producción – PRODUCE, esta emite normas de carácter técnico y legal, que contribuyen a mitigar problemas asociados a la actividad con el objetivo de fomentar el crecimiento socioeconómico de los pescadores y garantizar la seguridad alimentaria en el país.

Si bien existe el marco normativo de carácter técnico que regula la actividad pesquera, así como la gestión administrativa de las Infraestructuras Pesqueras, se evidencia que, en la mayoría de estas, existen problemas de carácter técnicos, ambiental, sanitarios, sociales, de accesos a herramientas tecnológicas y de gestión, es decir, problemas que bajo el modelo actual no garantizan el desarrollo sostenido de la actividad pesquera.

La figura 6, muestra imágenes de la visita realizada por el autor, durante agosto del 2020, a las infraestructuras pesqueras: Puerto Casma, Culebras y Chimbote, donde se advierte que, pese a ser puntos de desembarque importantes, evidencian problemas de índole técnico, ambiental, social y de acceso a tecnologías de información, infraestructuras no habilitadas sanitariamente.

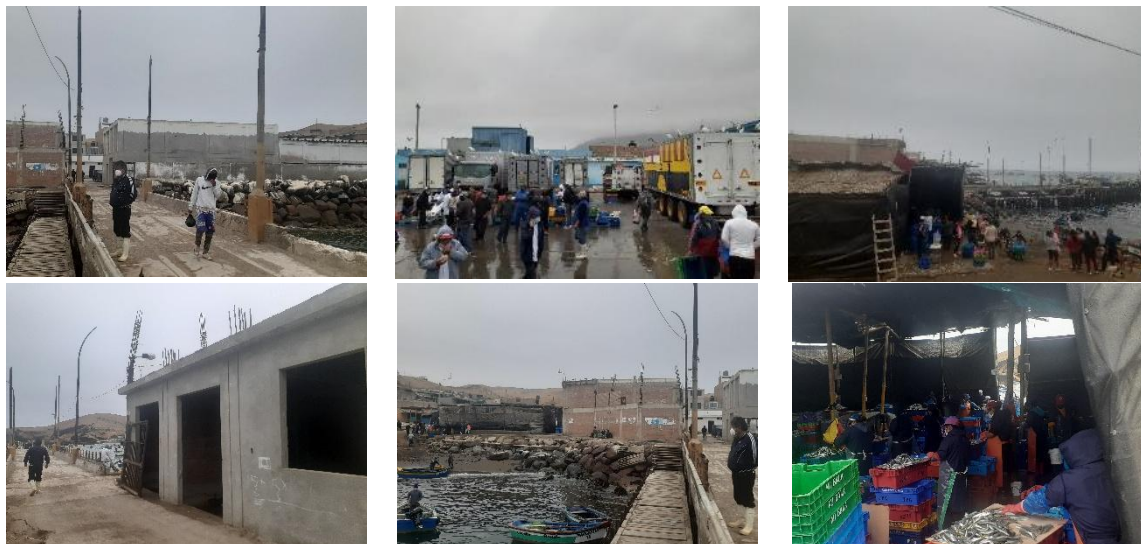


Figura 6 Infraestructuras Pesqueras No Habilitadas – Culebras, Puerto Casma y Chimbote
Fuente: Visita de campo

La realización de actividad pesquera actual, extracción y procesamiento de recursos hidrobiológicos, evidencia que la gestión de infraestructuras pesqueras no logra satisfacer la demanda de servicios de calidad.

La ausencia de un equipo técnico calificado, a cargo de la administración de las infraestructuras pesqueras limita el cumplimiento de las actividades programadas, principalmente por el desconocimiento de las normas técnicas y legales existentes.

La imposibilidad por parte del sector, Ministerio de la Producción – PRODUCE, de asumir la administración directa de las Infraestructuras Pesqueras, como consecuencia del incumplimiento de los compromisos establecidos en los convenios, genera la recurrencia de faltas por parte de las Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales - OSPAs que administran dichos activos, que van en desmedro de las referidas infraestructuras.

El mantenimiento de los modernos desembarcaderos pesqueros es esencial; en virtud a que estos cumplen con lo establecido en las normas técnicas y legales vigentes (Figura 7), encontrándose habilitados sanitariamente para la realización de actividad pesquera, por otro lado, la actualización de las tarifas por servicios, resulta imprescindible, debiéndose hacer en base a los costos y gastos generados, de acuerdo a lo establecido en el Manual de Administración vigente. Asimismo, el registro de desembarque de recursos hidrobiológicos debe sincerarse, lo cual permitirá conocer el grado de sostenibilidad de estas infraestructuras.

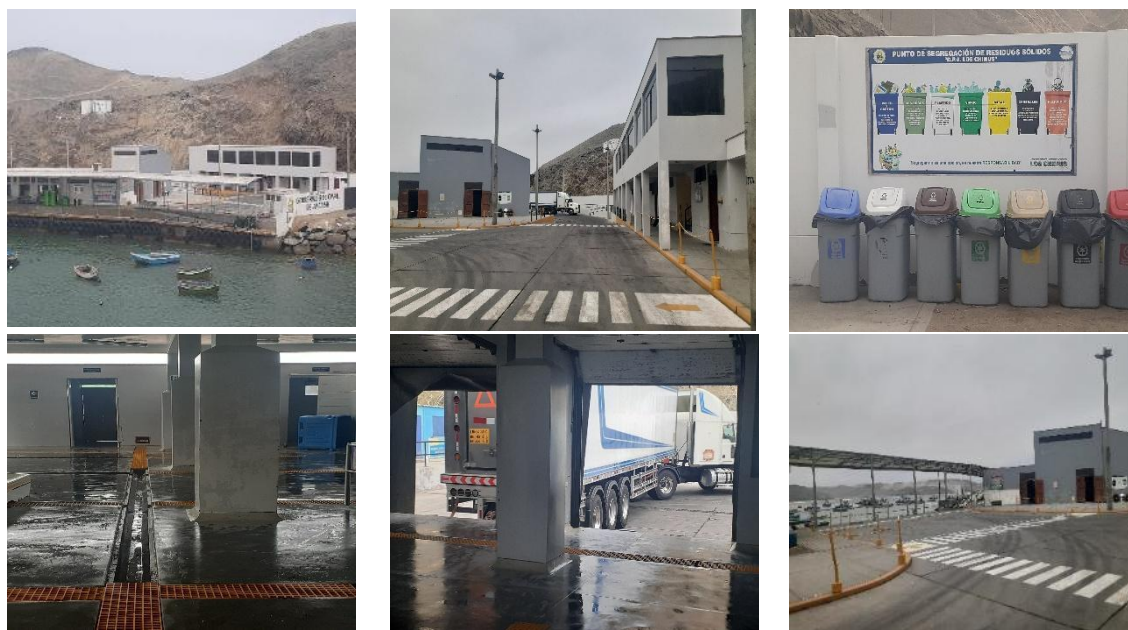


Figura 7. Infraestructura Pesquera Habilitada – Los Chimús

Fuente: Visita de campo

La ausencia de servicios complementarios en las infraestructuras pesqueras, relacionadas a la operatividad de los mismos, no garantiza el incremento de actividades de desembarque de recursos hidrobiológicos limitando ingresos económico importantes que contribuyan con la sostenibilidad administrativa de las mismas.

El sinceramiento de las tarifas es un problema en muchos de los desembarcaderos pesqueros o infraestructuras pesqueras, en virtud a que, no todas las embarcaciones pesqueras, que hacen uso de los servicios pagan las tarifas establecidas, debido a su condición de artesanal.

Si bien, para la gestión de infraestructuras pesqueras existen documentos de gestión debidamente establecidos y aprobados por el ente rector Ministerio de la Producción - PRODUCE, estos no garantizan una gestión eficiente, motivo por el cual, a la fecha de elaboración del presente artículo se viene realizando adecuaciones normativas a los documentos de gestión.

La Tabla 3, muestra los volúmenes de desembarque de recursos hidrobiológicos de cuatro desembarcaderos pesqueros del Gobierno Regional de Ancash, durante el I semestre del 2020 evidenciándose que el desembarcadero Los Chimus registra un mayor volumen de descarga. Este desembarcadero se encuentra con habilitación sanitaria en la región, siendo una garantizando la eficiencia de las operaciones pesqueras.

Tabla 3. *Volumen de Desembarque de Recursos Hidrobiológicos(Kg)*
I Semestre 2020

Infraestructura Pesquera	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	TOTAL
LOS CHIMUS (*)	173,238	89,956	300,125	22,100	82,429	1,215,889	1,883,737
CHIMBOTE	24,454	15,685	29,030	50,025	10,975	105,802	235,971
PUERTO CASMA	48,973		22,585	22,290	37,440	101,023	232,311
CULEBRAS	90,089	159,744	82,963	22,330	77,579	122,015	554,720

Fuente: Dirección Regional de la Producción – GORE ANCASH
Elaboración Propia

2. CONCLUSIONES.

El estado actual de las Infraestructuras Pesqueras, revela que el modelo de gestión que se viene aplicado, no garantiza el cumplimiento de los principios que rigen su funcionamiento, ya que el deterioro de estas es evidente, asimismo se advierte la poca o nula gestión en el mantenimiento de dichas infraestructuras por la actual gestión.

La imposibilidad por parte del ente rector de la actividad pesquera en el Perú, Ministerio de la Producción – PRODUCE, de conducir directamente la administración y gestión de las Infraestructuras Pesqueras, como consecuencia del cumplimiento de los compromisos legales establecidos, conlleva a que estas, sean administradas por Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales - OSPAs, que en su mayoría, carecen de conocimiento técnico administrativo y operativo, así como una visión estratégica del sector pesquero para el mediano y largo plazo.

Se hace necesario un mejor uso de las infraestructuras pesqueras, a fin de que los usuarios directos e indirectos no vean únicamente a estas, como centros para el desembarque de recursos hidrobiológicos, sino, como ejes de desarrollo económico de la pesca y comunidades pesqueras artesanales, que contribuyan a mejorar los niveles de vida de los pescadores y agentes de la pesca y reduzcan el impacto en el medio marino.

La falta de implementación de servicios complementarios dentro de las Infraestructuras pesqueras, no permite la generación de mayores ingresos económicos, originando dependencia directa únicamente de las actividades de desembarque.

La falta de un equipo técnico especializado para la administración de las infraestructuras pesqueras, limita la adecuada gestión de las mismas, en virtud a que no hacen el correcto uso de los instrumentos de gestión vigentes para su operatividad y mantenimiento, el mismo que se traduce en la disminución de las actividades de desembarque en infraestructuras públicas, respecto a las infraestructuras privadas.

La Habilitación Sanitaria de las Infraestructuras pesqueras generan mayor confianza a los propietarios de embarcaciones (armadores pesqueros) para la realización de las operaciones de desembarque de recursos hidrobiológicos, en virtud a que estas, cumplen con lo establecido en los documentos de gestión vigentes, en ese sentido, es necesario que los modelos de gestión a aplicar en la administración de infraestructuras pesqueras consideren la habilitación como eje fundamental de desarrollo del sector pesquero.

El sinceramiento de las tarifas pasa por aplicar el cálculo de los costos reales según el manual de administración y, el sinceramiento de los volúmenes de desembarque, por el control diario a cargo de inspectores, además de la implementación de balanzas electrónicas con registros impresos. La instalación de video cámaras, podría ser otro medio de control de las actividades dentro del DPA.

Existe la necesidad de desarrollar un Nuevo Modelo de Gestión de las Infraestructuras Pesqueras, el cual permita cumplir cabalmente los principios que rigen el funcionamiento de los mismos. Dicho modelo de gestión debe permitir generar servicios complementarios que reduzca la dependencia directa con los desembarques, además de permitir la generación de financiamiento para la reposición de la infraestructura.

4. REFERENCIAS.

- [1] O. Doerr. "Políticas portuarias sostenibles". Boletín FAL. CEPAL. Edición n° 299, número 7 de 2011.
- [2] Carlos Alonso-Torres. (2014). "Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos". *Ingeniería Industrial/ISSN 1815-5936/Vol. XXXV/No. 2/mayo-agosto/2014/p. 159-171.*
- [3] Decreto Ley N° 25977 (1992). "*Ley General de Pesca*"
- [4] CENPAR 2012. "*I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo*"
- [5] Decreto Supremo N° 014-2016-PRODUCE (2016). "*Lineamientos para la Gestión Administrativa de Desembocaderos Pesqueros Artesanales*"
- [6] Resolución Viceministerial N° 110-2012-PRODUCE (2012). "*Convenio de Gestión para la Administración de las Infraestructuras Pesqueras Artesanales entre el Ministerio de la Producción o el Gobierno Regional, el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES y la Organización Social de Pescadores Artesanales*".
- [7] OLDEPESCA (2010). "*Elaboración de protocolos para el mejoramiento de la calidad, sanidad e inocuidad de productos provenientes de la pesca artesanal y de pequeña escala en la región*". México: XXI Conferencia de Ministros.
- [8] FAO (2011). *The State of Fisheries and Aquaculture*. Rome: FAO.

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer a la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI y a los Doctores que contribuyen a mi formación académica en mi condición de Doctorando en Ingeniería Industrial.

La certificación de saberes técnicos y trayectorias laborales en el marco del Programa Certificación de Oficios de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta

Carrizo, Nancy Alejandra*; Fea, Adriana Verónica; Castelló, Gonzalo Eduardo

*Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional.
San Martín 1171, CP (2804), Campana, Buenos Aires, Argentina.
carrizon@frd.utn.edu.ar**

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

El trabajo reflexiona acerca de la certificación de saberes técnicos en el marco de una investigación de Trayectorias Laborales y Certificación de Oficios, en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta (UTN-FRD), en el período 2003-2015. Según la OIT, la certificación es un proceso tendiente a reconocer formalmente las calificaciones ocupacionales de los trabajadores, independientemente de la forma en que tales calificaciones fueron adquiridas. Asimismo, permite constatar la idoneidad de los trabajadores que ingresan a una empresa en cuanto a sus competencias y niveles de responsabilidad, contribuye a garantizar ambientes de trabajo seguros, a que el trabajador obtenga reconocimiento por su competencia laboral y a reforzar la importancia de la formación continua como requisito para un mejor desempeño.

Para ello, se centrará en la reconstrucción de las trayectorias laborales de personas de la región de Zárate - Campana que pasaron por el dispositivo denominado "Programa certificación de oficios", de manera de determinar la incidencia que este programa tuvo en una población que certificó de manera continua.

El dispositivo implementado en UTN FRD surgió en el año 2003, tratando de dar respuestas a las demandas locales frente a la falta de personas con oficios, como consecuencia de la desindustrialización de los tiempos que le precedieron. Estas condiciones volvieron a repetirse, de similar forma, con los cambios del modelo económico implementados desde 2016. Estas condiciones mencionadas, entre otras, que impactan en el mundo del trabajo son: una marcada contracción del mercado que se pone en evidencia con una baja en la tasa de actividad, alto índice de desempleo, empleo precario e informal y el cierre de industrias Pymes, que representan uno de los motores de crecimiento de la economía nacional.

La pregunta guía fue indagar los significados y representaciones que construyen las personas que certifican su oficio a través del "Programa". Entre los objetivos, caracterizar las percepciones tanto personales, familiares como de sus pares y establecer las calificaciones que operan en el campo laboral sobre dicha certificación. Como fuentes de información se utilizaron la base general de inscriptos al programa de la facultad para realizar el recorte y la caracterización sociodemográfica de la muestra y entrevistas semiestructuradas, utilizando una metodología mixta.

Respecto a los resultados obtenidos, tener una amplia trayectoria laboral y experiencia en el puesto certificado influyó en las variables de análisis seleccionadas. El nivel educativo es fundamental pero no excluyente, mientras que la parte práctica sí.

Las conclusiones indican que, para la mayoría de los entrevistados, la obtención de la certificación ayuda considerablemente a mejorar y tener un impacto positivo en su trayectoria laboral en aspectos como la movilidad social ascendente, la jerarquía sindical, el reconocimiento de superiores y pares y una mayor seguridad en sus tareas laborales.

Palabras Claves: Saberes técnicos- Trayectorias laborales-Certificación de oficios- Mercado de trabajo- Significados y representaciones

ABSTRACT

The presentation reflects on the certification of technical knowledge in the framework of an investigation of Labor Trajectories and Certification of Trades, at the National Technological University - Delta Regional College (UTN-FRD), in the period 2003-2015. According to the ILO,

certification is a process aimed at formally recognizing the occupational qualifications of workers, regardless of the way in which those qualifications were acquired. It also makes it possible to verify the suitability of the workers who enter a company in terms of their skills and levels of responsibility, it helps to ensure safe work environments, for the worker to obtain recognition for their work competence and to reinforce the importance of continuous training as a requirement for better performance.

To do this, it will focus on the reconstruction of the labor trajectories of people in the Zárate- Campana region who went through the device called "Trades certification program", in order to determine the impact that this program had on a population that certified as continuously.

The device implemented in UTN FRD emerged in 2003, trying to respond to local demands in the face of the lack of people with trades, as a consequence of the deindustrialization of the times that preceded it. These conditions were repeated, in a similar way, since 2016 with changes in the economic model. These conditions mentioned, among others, that impact the world of work are: a marked contraction of the market that is evident with a drop in the activity rate, high unemployment rate, precarious and informal employment, closing of SME industries, one of the growth engines of the national economy.

The guiding question was to investigate the meanings and representations that people who certify their trade through the "Program" construct. Among the objectives, characterize both personal, family and peer perceptions and establish the qualifications that operate in the labor field on said certification. As sources of information, the general base of enrolled in the faculty program was used to carry out the clipping and sociodemographic characterization of the sample and semi-structured interviews, using a mixed methodology.

Regarding the results obtained, having a broad work trajectory and experience in the certified job influenced the selected analysis variables. The educational level is essential but not excluding, whereas the practical part does.

The conclusions indicate that for most of the interviewees, obtaining the certification helps considerably to improve and have a positive impact on their work trajectory in aspects such as upward social mobility, union hierarchy, recognition of superiors and peers and greater security in their work tasks.

Keywords: Technical knowledge- Labor trajectories-Certification of trades- Labor market- Meaning and representations.

Contaminación acústica. El caso de la ruta provincial N°4, en los partidos de Lomas de Zamora, Almirante Brown y Esteban Echeverría.

Fleytas, Erika A. N (*); Rodríguez, Hugo E.; Rodríguez, Leandro S.; Morrongiello Alberto R.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Ruta 4 Km 2, Lomas de Zamora C.P: 1832. erikafleytas@yahoo.com.ar.*

RESUMEN

Esta investigación nace en la cátedra de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

En la misma se busca determinar el área de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 también conocida como Camino De Cintura. El método utilizado para medir el contaminante ruido fue el Nivel Equivalente Día-Noche. Con esta forma de evaluación fue posible realizar un análisis de ruido a lo largo del día, pero sin perder de vista que la población es más sensible al ruido en los horarios nocturnos.

Se encontraron niveles muy elevados de dB (A) sobre la traza y en los márgenes de la Ruta Provincial N°4, alcanzando en algunos puntos un nivel superior a 90 dB (A). Los lugares de muestreo para la confección del mapa se lograron encontrar siguiendo los lineamientos de la norma ISO 15666, donde indica que las mediciones entre cada punto medido y el próximo cercano no debía ser mayor a 5 dB.

Finalmente se logró crear el primer mapa de ruido correspondiente a la zona de estudio de la Ruta Provincial N°4 determinando el alcance de la contaminación acústica producida por la circulación de vehículos a través de la técnica de interpolación Kriging Ordinario, lo que permitió conocer cuál es el comportamiento y la distribución espacial del contaminante ruido. Y para validar este mapa se realizó un muestreo aleatorio para contrastar los resultados denotando así la fiabilidad del método. Se plantea como hipótesis:

“Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana”

Palabras Claves: Contaminación acústica; ruido; sonido; tránsito.

ABSTRACT

This research was born in the Chair of Hygiene and Safety at Work of the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora.

It seeks to determine the area of influence of noise pollution and the effect of noise produced by vehicles circulating on Provincial Route No. 4, also known as Camino De Cintura. The method used to measure the noise pollutant was the Day-Night Equivalent Level. With this form of evaluation, it was possible to perform a noise analysis throughout the day, but without losing sight of the fact that the population is more sensitive to noise at night. Very high levels of dB (A) were found on the trace and on the margins of Provincial Route No. 4, reaching in some points a level higher than 90 dB (A). The sampling places for making the map were found following the guidelines of the ISO 15666 standard, which indicates that the measurements between each measured point and the next one should not be greater than 5 dB.

Finally, it was possible to create the first noise map corresponding to the study area of Provincial Route No. 4, determining the extent of noise pollution produced by the circulation of vehicles through the Ordinary Kriging interpolation technique, which allowed us to know what the behavior and spatial distribution of the noise pollutant. And to validate this map, a random sampling was carried out to contrast the results, thus denoting the reliability of the method.

It is hypothesized:

"People who live in areas exposed to noise generated by traffic are more likely to suffer alterations in their daily lives"

Keywords: Noise pollution; noise; sound; transit.

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación acústica puede ocasionar efectos adversos sobre las personas, reduciendo su calidad de vida, dificultando sus actividades y originando alteraciones en su estado de salud.

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora, se encuentra ubicada sobre la Ruta Provincial N°4, conocida popularmente como Camino de Cintura. Esta ruta es una avenida interurbana de dos carriles de la Provincia de Buenos Aires. Es el segundo anillo de circunvalación luego de la Avenida General Paz, que marca el límite entre la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires. Este corredor es de gran importancia pues es recorrido diariamente por un importante volumen de tránsito conformado tanto por vehículos livianos como pesados. Muchas personas que asisten a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, viven sobre la misma ruta, o en sus cercanías, comentando habitualmente las dificultades que tienen en la vida cotidiana por la contaminación acústica, esto motivó profundamente a la cátedra de Higiene y Seguridad en el Trabajo, para la realización de esta investigación, donde muchos de sus integrantes se especializan en mediciones de ruido.

Es entonces cuando se plantea la posibilidad de realizar una investigación para determinar la magnitud de la contaminación acústica de esta zona y se comienza a trabajar en la confección de un mapa de ruido de la Ruta Provincial N°4.

El tramo seleccionado para la realización del estudio inicia en la intersección con la Av. Antártida Argentina, en la localidad de Llavallol, partido de Loma de Zamora, hasta la intersección con la Av. Hipólito Yrigoyen en Burzaco.

Para confeccionar este mapa, fue necesario determinar el método con el cual se iba a medir el ruido producido por el tránsito sobre la misma ruta y sobre las cuerdas aledañas, donde finalmente se seleccionó el método Nivel Equivalente día-noche en dB (A) y el método Kriging Ordinario para la interpolación de los valores obtenidos. Se tuvo en consideración, los lineamientos de la ISO 15666, cuya recomendación es que el nivel de presión sonora entre dos puntos adyacentes de una grilla no puede diferir en más de 5 dB, este fue el criterio establecido para seleccionar zonas representativas donde a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 donde existan viviendas y pueda ser evaluada la población expuesta a la contaminación acústica, tratando de abarcar la mayor cantidad de puntos posibles a lo largo de la traza siguiendo los lineamientos de la ISO15666.

Una vez confeccionado el mapa y determinada la zona de influencia de la contaminación acústica, se encuestó a los vecinos de la zona para poder determinar si efectivamente el ruido producido por la Ruta Provincial N°4 les causaba alteraciones en su vida cotidiana y cuál es su percepción con respecto al contaminante ruido.

1.1. Marco empírico.

A través esta investigación se lleva adelante un estudio de la distribución espacial de niveles sonoros de carácter experimental y de campo buscando conocer su influencia en la contaminación acústica y la salud de la población.

El proyecto se desarrolla en la República Argentina, provincia de Buenos Aires, a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 en los partidos de Lomas de Zamora y Almirante Brown.

Todos los datos adquiridos son procesados y analizados para obtener información base que permita relacionarlos con la salud de la población y con la normativa vigente.

Finalmente se creará un mapa de distribución espacial de niveles sonoros de la zona de influencia a través de la utilización de técnicas geoestadísticas. Esto permitirá conocer la contaminación acústica de este sector de los partidos de Almirante Brown y Lomas de Zamora contribuyendo a la toma de decisiones sobre las actividades a desarrollar en distintos sectores de ambos partidos.

1.2. Objetivo general.

Determinar la zona de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 en la salud de los vecinos de los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría.

1.2.1. Objetivos específicos

- Determinar el alcance del ruido producido por la Ruta Provincial N°4.
- Determinar los lugares de muestreo.
- Identificar mediante la elaboración de mapas temáticos, la distribución espacial de nivel sonoro de un sector de la Ruta Provincial N°4.
- Contribuir al conocimiento que se tiene del contaminante ruido.
- Establecer una metodología para el tratamiento de los datos que presentan distribución espacial de nivel sonoro.

- Generar nuevos parámetros para futuras construcciones viales.
- Identificar como se relaciona el contaminante ruido con la vida cotidiana de las personas que viven en las cercanías de la ruta.

1.3. Variables

- Coordenadas de los puntos de medición.
- Nivel de Presión Sonora Equivalente (Leq) dB (A) día
- Nivel de Presión Sonora Equivalente (Leq) dB (A) Noche

1.4. Hipótesis de trabajo

“Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana”

1.5. Instrumentos de medición y técnicas

1.5.1 Sonómetro Quest 2800.

El equipo utilizado para este estudio es un sonómetro digital marca Quest última generación modelo 2800 con analizador en tercios de bandas de octava tipo 2, número de Serie: HS31100041



Figura 1 – Sonómetro Quest 2800 Fuente: Elaboración propia

Algunas de las características que este sonómetro presenta se destacan: Lectura en tiempo real, Micrófono de ½ pulgada, Diseño acorde a la norma IEC 61260 ASNI S 1.11 para medidores de nivel de ruido que cumple con los requisitos de la American National Standards Specification for Sound Level Meters Clase Type 2, Rango de lectura 30 – 140 dB, Nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A, respuesta lenta directa (500 msec), resolución 0.1 dB. También para C y Z. Está dotado de un pistófono o calibrador externo para 114 dB (A) 1000hz, Pantalla antiviento, Trípode para su montaje, RS 232 interface con el computador y Software de aplicación.

1.5.2. GPS diferencial.

Para el posicionamiento de los datos se utilizó un equipo GPS diferencial Marca Trimble, modelo PRO XRT con corrección en tiempo real provista por la firma Omnistar, logrando alcanzar precisiones menores a 30cm en la geolocalización de cada una de las muestras recolectadas. [1]



Figura 2 - Receptor Trimble PRO XRT Fuente: Elaboración propia.

El Trimble PRO XRT es un receptor GNSS (sistema global de navegación por satélite) flexible de alta precisión en tiempo real y post-proceso para relocalización y mantenimiento de infraestructura crítica. Soporta recepción de señal Omnistar, lo cual permite trabajar de forma independiente sin necesidad de contar con una estación base. La precisión del receptor GNSS en Argentina es de hasta 30 cm en tiempo real utilizando el servicio Omnistar XP y post-proceso. El receptor trabaja en forma conjunta con un colector de datos conectado mediante la tecnología Bluetooth o si lo prefiere, vía cable serial. [1]

1.5.3. Terrasync.

Para registrar y administrar los datos GIS dentro de la PDA se utilizó el software Terrasync. Este software es muy potente y permite registrar datos de posición y características para luego ser introducidos dentro de bases de datos GIS de forma rápida y eficaz.

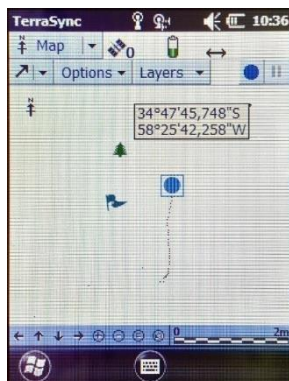


Figura 3 - Terrasync Profesional 5.0 Fuente: Elaboración propia

Sin importar la aplicación de campo y de la complejidad de los datos a registrar, este software permite registrar datos de alta calidad rápida y fácilmente mediante flujos de trabajos sencillos y eficientes. Además, brinda la posibilidad de incorporar diccionarios de datos ya creados en el software Trimble GPS Pathfinder Office, según los requisitos del sistema de información geográfica del usuario [2]. Es por este motivo que fue seleccionado, debido a la posibilidad de crear diccionarios de datos que le posibilita a los operadores de campo crear características y asignar valores de atributos que cumplan con la estructura de los datos SIG y también mantengan la integridad de los datos, mediante la creación de un archivo con extensión *.SSF que no permite alteración alguna. Luego estos datos pueden ser visualizados y procesados en el software Trimble Pathfinder Office [1].

1.5.4. Trimble GPS Pathfinder Office.

El software Trimble GPS Pathfinder Office es un paquete de herramientas de pos-procesamiento GNSS potente y fácil de usar que incorpora tecnología de corrección diferencial Trimble DeltaPhase diseñada para desarrollar información de sistemas SIG uniforme, confiable y precisa a partir de los datos GNSS capturados en el campo.

La capacidad del software permite generar proyectos con archivos de atributos asociados a los datos GPS digitalizados, de manera de obtener finalmente mapas en cualquier escala, sistema de coordenadas, datum y elipsoides seleccionados por usuario. Los mapas y archivos asociados pueden ser actualizables continuamente y convertidos finalmente a más de 140 GIS disponibles en el mercado, entre ellos ARC/INFO, AUTO CAD, INTERGRAPH, ERDAS, GEO/SQL, GRASS, MOSS, etc.

Todos los datos pueden ser clasificados, filtrados, representados gráficamente con simbologías definidas por usuario y ploteados. El mismo tiene vínculo directo a software de diseño y mapeo CAD [3].

El Trimble Pathfinder Office se utilizó para el armado del diccionario de campo a utilizar en la PDA y para el procesamiento inicial de los datos, brindando la posibilidad de exportarlos y poder ser tratados en ArcMap.

Un diccionario de datos consiste en una descripción de las características y atributos relevantes a un proyecto o trabajo particular, estructura la captura de datos y se utiliza para controlar la captura de características y atributos.

Un diccionario de datos le solicita al operador introducir información; también puede limitar lo que se introduce para asegurar la integridad de los datos y la compatibilidad con el sistema GIS. A pesar de que los mismos no siempre son necesarios para el trabajo de campo, hacen que la captura, actualización y el procesamiento de datos sea más fácil y rápida.

Un diccionario de datos está compuesto de los siguientes elementos:

- una lista de características a capturar en el campo;
- una lista de atributos (si los hubiere) que describen cada característica;

El mismo deberá contener todas las características para las que desea capturar información [4].

El diccionario creado para la toma de muestras, se diseñó buscando un entorno simple y amigable para el operador con el fin de agilizar los trabajos en campo.

1.5.5 ArcMap

ArcMap es la aplicación central utilizada en ArcGIS. ArcMap es el lugar donde visualiza y explora las bases de datos GIS del área de estudio, donde se asignan símbolos y donde se crea los diseños de los mapas para imprimir o publicar. Es la aplicación que utiliza para crear y editar base de datos. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Agrupa cientos de herramientas para realizar análisis espaciales, las cuales permiten convertir datos en información y automatizar muchas de las tareas de GIS. [1]

1.6. Procedimiento de toma de datos

Para determinar los puntos donde se efectuaron las mediciones de ruido ambiental fue necesario tener presente las características de cada área: tráfico, comercios y viviendas. Se consideró el lineamiento de la ISO 15666, cuya recomendación es que el nivel de presión sonora entre 2 puntos adyacentes de una grilla no puede diferir en más de 5 dB.

Finalmente, el criterio utilizado para la selección de los puntos de medición fue el siguiente:

“Buscar zonas representativas donde a lo largo de la traza de la Ruta Provincial N°4 existan viviendas y pueda ser evaluada la población expuesta a la contaminación acústica, tratando de abarcar la mayor cantidad de puntos posibles a lo largo de la traza siguiendo los lineamientos de la ISO15666”.

2. Descripción del método.

Todas las mediciones fueron realizadas siguiendo el protocolo establecido por el investigador Gabriel E. Viro. [5] y los lineamientos de la norma ISO 15666.

2.1. Nivel Equivalente Día-Noche.

Con esta forma de evaluación Ldn es posible realizar un análisis de ruido a lo largo del día, pero sin perder de vista que la población es más sensible al ruido en los horarios nocturnos.

Este método trata Leq (A) para un periodo de 24 horas, con una penalización de 10dB para los niveles equivalentes medidos durante la noche para el ruido provocado por el tráfico vehicular. Se utiliza un tiempo de análisis en periodos comprendidos entre las 22:00 y las 06:00 o entre las 23:00 y las 7:00, esto bajo el supuesto de que la gente tiene 8 horas de sueño. De esta forma, para calcular el Ldn, se obtiene un nivel equivalente para el periodo de 16 horas del día (Ld), y un nivel equivalente para la noche (Ln). A este último se le suma 10dB y luego se promedia con él por la ecuación (1).

$$Ldn = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{Ld}{10}} + 8 \cdot 10^{(Ln+10)/10} \right) \right]$$

Ecuación (1).

2.2. Tiempos de medición y muestreo temporal.

Lo más recomendable sería medir 24 horas por día, los 7 días de la semana, durante todo el año. Pero al no ser posible se tomaron las mediciones en los horarios más representativos y convenientes según se indicó anteriormente.

Finalmente, se siguió la recomendación del protocolo de mediciones para el trazado de mapas de ruido, el cual consiste en un muestreo típico, aplicable en la mayoría de los casos que consiste en un muestreo de 15 minutos por hora.

Para la toma de mediciones y lograr monitorear el ruido correctamente el sonómetro fue calibrado para ajustar la sensibilidad del micrófono.

El sonómetro fue colocado a 1.5m de altura, teniendo especial cuidado en respetar una distancia de 3 metros a cualquier estructura que pueda reflejar sonido.

Las mediciones se tomaron en un lapso de tiempo de 15 minutos para el ruido de tráfico habitual en cada una de las franjas horarias seleccionadas, entre las 14 y las 16 hs y a partir de las 22 hs en horario nocturno, también se registraron valores de temperatura, velocidad y dirección del viento para futuras investigaciones.

Considerando que la variación del ruido en los márgenes de la Ruta Provincial N°4 desde la intersección con la Av. Antártida Argentina, hasta la intersección con la Av. Hipólito Yrigoyen, no tiene grandes fluctuaciones se pudo seguir la recomendación de la norma ISO 15666 y respetar la diferencia de dB (A) no mayor a 5dB (A) entre puntos. En la figura 4: Puntos de muestro se pueden observar todos los lugares donde fueron realizadas mediciones.

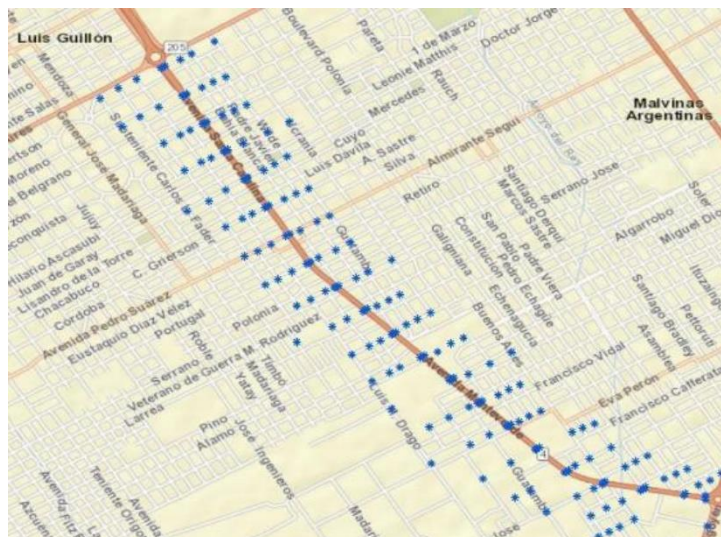


Figura 4 - Puntos de muestro Fuente: Elaboración propia

Todas las mediciones se tomaron durante los meses de marzo y abril de 2019 dedicando 15 minutos cada zona y/o punto a medir para lograr medir la mayor cantidad de puntos en la misma franja horaria. Luego en el mes de noviembre 2019, se realizaron mediciones para validar el método nuevamente. Una vez que cada una de las mediciones se efectúan, utilizando el sonómetro Quest 2800, son almacenadas en el colector de datos Trimble Nomas 900 con un posicionamiento submétrico para su posterior tratamiento en laboratorio.

2.3. Resultados.

Al finalizar la etapa de medición a lo largo de los 5 km de la Ruta Provincial Nº4, se procedió al análisis de datos. En una primera etapa se analizaron todos los valores obtenidos de las mediciones, y en una segunda instancia, las encuestas de las personas que viven en la zona de influencia de la ruta. Finalmente se construyó un mapa de ruido que corresponde a los tramos analizados (Ver figura 5).

2.3.1 Mapa de ruido:

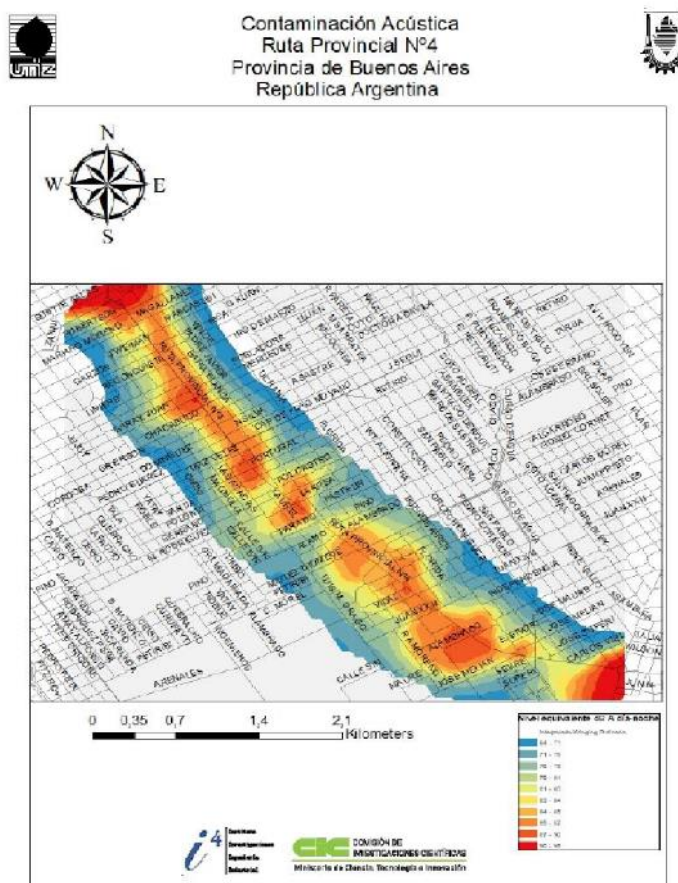


Figura 5 - Mapa de ruido Ruta Provincial Nº4 – Año 2019 Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Conteo de resultado de encuestas:

Sobre un total de 50 personas encuestadas se observó: El 44% siente alguna y hasta mucha molestia por el ruido de tránsito. Las principales fuentes de ruido provienen de camiones o motos y el un 42% la gente manifiesta que el ruido del tránsito interfiere en la su vida. Un 66% de la gente indica que el momento del día que más molesta el ruido vehicular en la tarde-noche. También el 74% reconoce que el ruido es perjudicial para la salud pero, solo el 10% ha tomado alguna medida para mitigar la contaminación sonora y además el 60% desconoce la legislación vigente sobre el tema.

3. CONCLUSIÓN

Se determinó la zona de influencia de la contaminación acústica y el efecto del ruido producido por los vehículos que circulan en Ruta Provincial N°4 en la salud de un grupo de vecinos de los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría. Luego de haber realizado las mediciones a través de la utilización del método: Nivel equivalente día – noche. Se encontraron niveles muy elevados de dB (A) sobre la traza y en los márgenes de la Ruta Provincial N°4, alcanzando en algunos puntos un nivel superior a 90 dB (A).

Se logró crear el primer mapa de ruido correspondiente a la zona de estudio de la Ruta Provincial N°4 determinando el alcance de la contaminación acústica producida por la circulación de vehículos a través de la técnica de interpolación Kriging Ordinario, lo que permitió conocer cuál es el comportamiento y la distribución espacial del contaminante ruido.

La realización de la encuesta basada en los lineamientos de la norma ISO 1996 “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental” se corrobora la hipótesis inicial: “Las personas que viven en zonas expuestas al ruido generado por el tránsito son más propensas a sufrir alteraciones de su vida cotidiana”.

Luego del estudio efectuado a lo largo de esta investigación, quedó en evidencia que los niveles de emisión sonora de la Ruta Provincial 4, están por encima de los 90 dB (A). Esto deja expresado el nivel de ruido al que la población circundante está expuesta diariamente.

Este trabajo sirve como base para la generación de estudios más exhaustivos y de políticas para contrarrestar el nivel de ruido, para que la exposición al mismo esté por debajo de los valores admisibles y, de este modo, reducir los efectos negativos sobre la población. También se deben promover campañas de concientización en favor de la lucha contra el ruido, ya sea implementando la enseñanza sobre la contaminación acústica y a sus efectos en la salud en el sistema educativo en todos los niveles, o bien a través de organismos de divulgación oficiales. Consideramos que deben analizarse medidas que neutralicen los niveles de ruido, como por ejemplo vegetación en los márgenes de la ruta que ayude a disminuir los niveles actuales del contaminante.

4. REFERENCIAS.

- [1] Rodríguez, Leandro. (2016). Modelado de Resistividad y pH de la provincia de Buenos Aires: Capitalización del conocimiento del suelo y contribución al desarrollo del sector de la protección anticorrosiva de la república argentina.,» Buenos Aires.
- [2] Ingenieros Consultores Asociados, «ICA,» (2016). Software trimble terrasync. [En línea]. Available: http://www.ica.com.uy/site/assets/files/1839/esp_terrasync_software.pdf. [Último acceso: 6 10 2019].
- [3] JCA-SOFT. (2016) Trimble Pathfinder Office. [En línea]. Available: http://www.jcasoft.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=52&category_id.
- [4] RUNCO. (2008) Manual Pathfinder Office. [En línea]. Available: <http://www.runco.com.ar/IMG/pdf/GuiaPFO2008.pdf>. [Último acceso: 6 10 2016].
- [5] Viro. G. E.(2002). Protocolo de mediciones para el trazado de mapas de ruido. Fi-UBA, Buenos Aires, 2002.

Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza

Anzoise, Esteban; Talquenca, Lucas; Bertoni, Juan José; Scaraffia, Cristina A.

*Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI
Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza
esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar*

RESUMEN

La caída en el consumo de vinos comunes, del 26% en el período 2006-2018, que exhiben una rentabilidad promedio entre 3.4% y 5.95% produjo una disminución del 11% en el número de bodegas en Argentina. Este estudio piloto busca identificar el modelo de costos de calidad prevalente en el sector de bodegas fraccionadoras y su impacto en la mejora de la rentabilidad del mismo. En consecuencia, se plantea el estudio del caso de una bodega cooperativa de 2do orden, localizada en la provincia de Mendoza, que produce el 30% del volumen anual de vino común comercializado en Argentina. Este estudio piloto identifica que el Modelo de Costos Finitos de la Calidad es el prevalente y permite alcanzar el 100% de productos conforme a especificaciones con un costo finito. Este análisis también muestra una correlación negativa entre los costos totales de calidad y el porcentaje de productos conforme a especificaciones. Este resultado indica que el logro del 100% de productos conforme a especificaciones en una bodega con un alto nivel de producción se centra en la mejora de cada puesto de trabajo y del proceso de producción en lugar de la incorporación de tecnología de alto costo. Este enfoque se puede extender al universo de pequeñas bodegas fraccionadoras que conforman el 80% del sector. A la fecha, hay una ausencia de investigación para determinar el modelo prevalente de costos de la calidad en el sector bajo análisis. Este estudio permite avanzar en esta área.

Palabras Claves: costos de calidad, modelo de costos de la calidad, vitivinicultura, bodegas fraccionadoras.

ABSTRACT

The 3.4% to 5.95% average profitability in common wines and the 26% consumption drop between 2006 and 2018 had a negative financial impact in Argentine wineries, with an 11% closure in the same period. This pilot study aimed at identifying the prevalent quality cost model in urban wineries and its impact on their profitability. With a case study approach, this exploratory longitudinal research analyzed a second-order winemaking cooperative in Mendoza province, Argentina. This study shows the prevalence of the finite quality cost model, which would allow production at 100% product conformity to specifications. The analysis also shows a negative correlation between total quality costs and the rate of product conformity to specifications. This indicates that improving each job along the production line and the production process, instead of adopting high technology production lines, would allow a 100% product conformity to specifications. This approach may improve the financial results of the small urban and farm wineries in Mendoza (80% of the winery sector). To date, there is an absence of research about the prevalent quality cost model in the winery sector, and this study fills the gap in existing literature.

Keywords: PAF model, quality cost model, urban winery, cooperative winery, viticulture

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación actual del sector vitivinícola.

La caída en el consumo de vinos comunes, del 26% en el período 2006-2018, que exhiben una rentabilidad promedio entre 3.4% y 5.95% [1] produjo una disminución del 11% en el número de bodegas en Argentina [2] en el mismo período [3, 4]. Al año 2020, a la baja rentabilidad de la industria del vino se suma una profunda crisis interna en el sector vitivinícola argentino [5]. El consumo de vino por habitante cae en la década de los 80s el 30% y en la década de los 90 el 28% [6] frente al crecimiento de productos sustitutos como la cerveza y las bebidas blancas (Figura 1). Al año 2018 el consumo de vino per cápita en el mercado interno es inferior a 19 litros por lo que la exportación de producto ha resultado una buena opción para mantener el negocio [7].

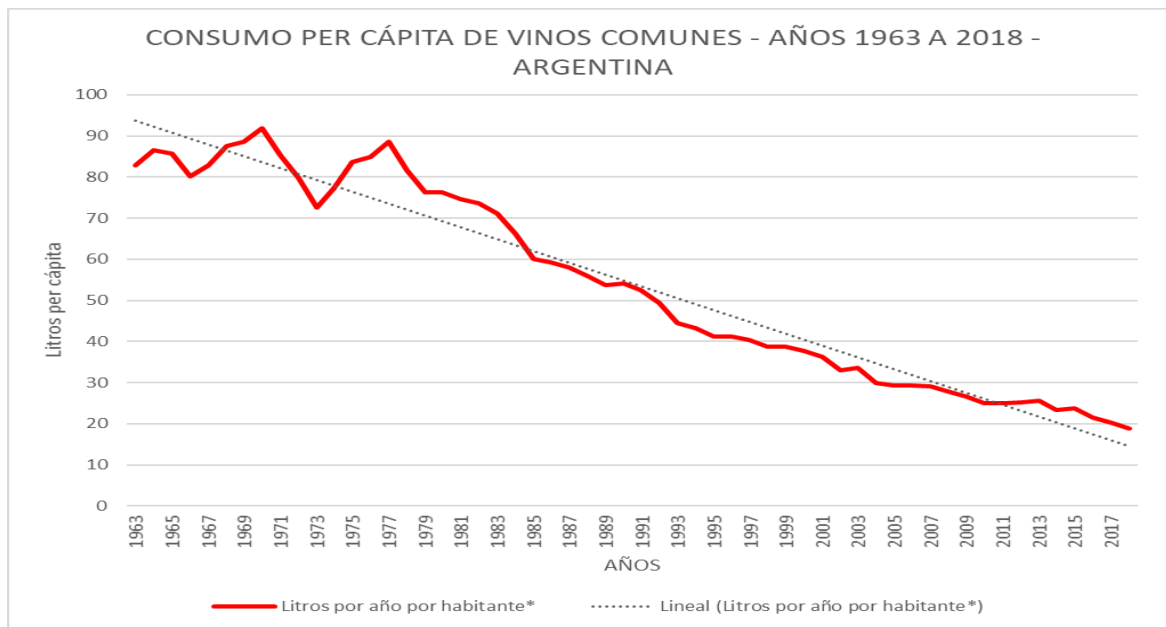


Figura 1 Consumo de vino común per cápita en Argentina entre 1963 y 2017.
Fuente: elaboración propia a partir de datos del Observatorio Vitivinícola Argentino.

En la década de los 90, el complejo vitivinícola argentino destinaba el 84% de la producción vitivinícola a la producción de vinos y el 16% a la producción de mostos virgen y sulfitados. El 94% del vino producido se destinaba al mercado interno y el 6% al mercado externo [6]. Al año 2018, el complejo vitivinícola argentino destinaba el 81% de la producción vitivinícola a la producción de vinos y el 19% a la producción de mostos virgen y sulfatados. El 66% del vino producido se destinaba al mercado interno y el 34% al mercado externo como se muestra en la Figura 2 [8].

1.1.1 Participación no creciente en el mercado mundial.

La respuesta a la caída del mercado interno no fue la mejora de las características organolépticas en respuesta al cambio generacional, desde una perspectiva de calidad basada en la creación de valor para el usuario final, sino el foco en la exportación de vinos varietales de media y alta gama. Las exportaciones de vino crecieron en el período 2002-2019 el 1102% en valor FOB(U\$S) y el 249% en volumen en litros con distintos altibajos [9].

En la voz de la COVIAR, se puede identificar un escenario de crecimiento significativo del volumen exportado en el período 2002 y 2010. Esta situación cambió entre 2011 y 2019 por factores tales como el tipo de cambio y la inflación [7]. Sin embargo, es posible identificar otros factores que expliquen las razones por las que Argentina, a pesar de mantener el 5to lugar como productor vitivinícola en el período 2002-2019 y su posición como el 9no exportador de vinos en el mismo período, solo obtiene un valor de 2,60 €/litro frente a un valor global promedio de 3.00 €/litro y valores máximos de 6,90 €/litro [10] al año 2019. Aunque el foco de ser el principal productor de Malbec como vino varietal [9] le permitió establecer una clara estrategia diferenciadora, diversos trabajos identifican el impacto de los cambios regulatorios e institucionales acaecidos como decisivos en el perfil competitivo del sector [11]. Puede mencionarse el alto costo logístico para acceder al puerto de Buenos Aires vía transporte por camiones (70% más caro que hacerlo por tren) [12]; la opción de exportar vía puerto de Valparaíso en Chile (lo que suma costos aduaneros extras al transporte vía camión) [12]; y la ausencia de acuerdos bilaterales que permitan llegar a las góndolas con arancel cero a mercados como la Unión Europea, China, Estados Unidos y Canadá (una brecha entre 43% y 57% respecto de Chile) [13] actúan como elementos negativos en el costo final del producto independientemente de la forma de envasado. Puede deducirse que el foco en las características organolépticas no es suficiente para mejorar la posición competitiva del vino varietal

a nivel global. Es necesario mejorar el costo de los procesos de modo de lograr el 100% de productos conforme a especificaciones en el proceso de fraccionamiento y embotellado para lograr reducir los costos operacionales y contribuir a incrementar el resultado neto operativo de las bodegas.

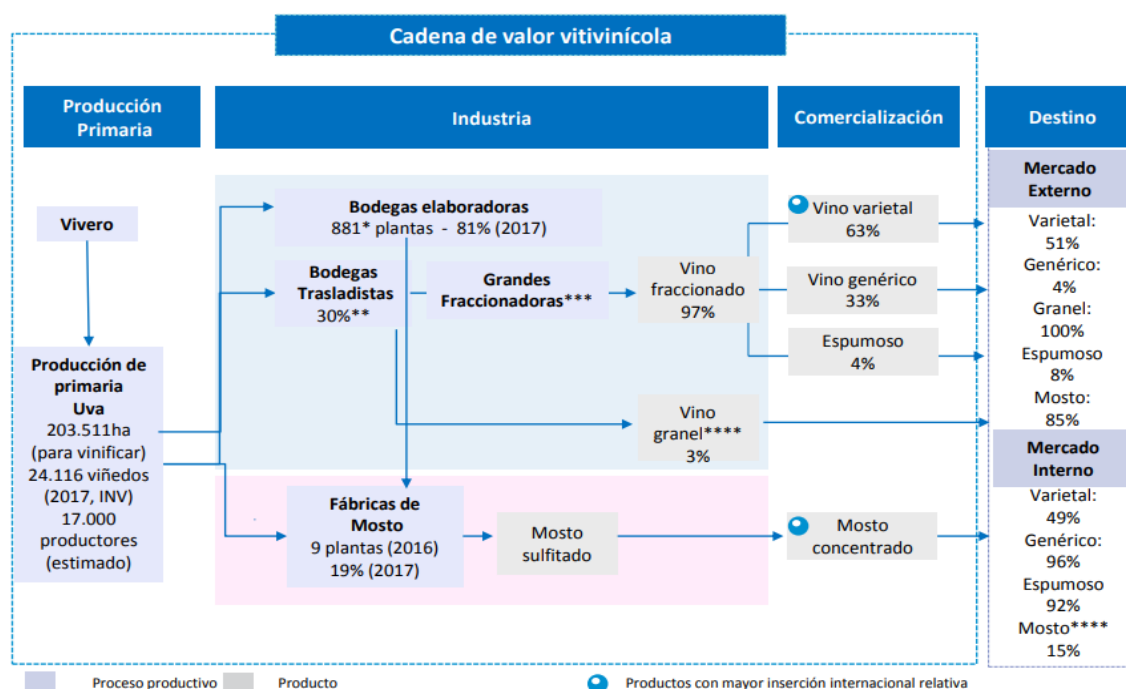


Figura 2 Cadena de valor vitivinícola.

Fuente: Reproducido de Secretaría de Política Económica. (2018). *Informes de Cadenas de Valor - Vitivinícola*. Retrieved from CABA, Argentina: <https://www.senado.gob.ar/upload/32046.pdf>

1.1.2 Menor participación económica del sector a nivel país y a nivel provincia.

Finalmente, es necesario destacar el aporte del sector vitivinícola tanto en la creación de empleos como su participación en el Producto Bruto Interno (PBI) y en el Producto Bruto Geográfico (PBG), en particular de la provincia de Mendoza en relación con el total de empresas existentes en los diversos sectores económicos. En términos microeconómicos, al año 2016, se registran 865.000 empresas de las cuales 606.000 son empleadoras. De ellas, solo 3532 son grandes empresas ya que tienen +200 empleados y proveen el 35% del empleo formal. Las otras 602.468 caen en la categoría de PyME generando el 65% del empleo formal y aportando a la creación del 44% del PBI [14]. En contraste, las PyMEs en la Unión Europea aportan el 60% del PBI [15] lo que da una idea del margen de mejora en términos de procesos y costos que se requieren para mejorar la posición competitiva de las PyMEs en Latinoamérica. Como último descriptor de la actividad económica de las PyMEs, en el período 2007 – 2016, solo el 1,6% de las mismas exporta aportando el 27% del valor promedio exportado [14]. Al año 2019, 414 empresas vitivinícolas mendocinas concretaron exportaciones (3,3% del total de PyMEs mendocinas en el sector industrial y agropecuario) [16]. En Argentina, al año 2020, el número de PyMEs llega a 1.066.351 de las cuales 179.642 se hallan en el sector industrial. En particular, las bodegas totalizan 1087 establecimientos lo que representa 0,6% del sector industrial y generan más de 300.000 empleos (2,2% de la Población Económicamente Activa [17]) en las 18 provincias que desarrollan la actividad [18]. En Mendoza, las bodegas representan el 9% del total de PyMEs en el sector industrial de la provincia [19]. Finalmente, el aporte del sector vitivinícola al PBG de la provincia de Mendoza se debe analizar en términos de la evolución del mismo y de su participación en el PBI. La participación del PBG de la provincia de Mendoza en el PBI de Argentina exhibe un valor decreciente del 3,8% en el año 1997 [20] al 2,8% en el año 2016 [21], lo que se interpreta como un débil desempeño económico en el largo plazo.

En relación con el aporte al PBG, la incidencia del valor agregado vitivinícola decreció desde un valor promedio del 10,5% en el año 1991, debido a la creciente incidencia del petróleo como componente creciente de dicho cálculo [6], a un valor del 7,5% en el año 2017 [22]. De igual forma, el crecimiento de las exportaciones en el período 2002-2019 medido en términos del valor FOB(US\$) (+1102%) o en litros (+249%) se tradujo en un coeficiente de participación decreciente en las exportaciones de la provincia de Mendoza. Dicho coeficiente decreció del 17,9% al 7,5% lo que se puede interpretar como que el aumento de las exportaciones no se trasladó directamente a la creación de valor agregado [22]. En relación con el aporte del sector vitivinícola al PBI, al año 2017 solo alcanzó el 0,4% del total [8], ligeramente inferior al aporte del sector en los países que son principales productores donde oscila entre 0,5% y 0,75% [23] lo que muestra espacio para mejora.

2. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

El análisis de contexto realizado para el sector vitivinícola argentino, y en particular para las PyMEs que conforman las bodegas de fraccionamiento y traslado en la provincia de Mendoza muestra que el foco de los procesos de calidad centrados en las características organolépticas de los vinos varietales de media y alta gama no es suficiente para mejorar la posición competitiva a nivel global. Las asimetrías respecto de los productores en los mercados destino, en relación con costos logísticos, barreras arancelarias, costos de financiamiento y estabilidad económica entre otros factores, requiere un incremento en la productividad definida como el cociente producción-insumos dentro de un periodo, considerando la calidad [24, 25]. Es necesario mejorar los procesos de fraccionamiento y embotellado de modo de lograr el 100% de productos conforme a especificaciones para reducir los costos operacionales y contribuir a incrementar el resultado neto operativo de las bodegas.

En el contexto de las PyMEs, la implementación de sistemas de gestión de calidad, así como la identificación y reducción de los costos de la calidad no figuran como prioritarios en sus objetivos. Al año 2019, el relevamiento de las expectativas de las PyMEs en Argentina realizado por PricewaterhouseCoopers muestra que los temas de mayor preocupación incluyen inflación; fuentes de financiamiento y conflictividad laboral. Como respuesta a dichos factores de contexto, las principales acciones reportadas para afrontar los desafíos del año 2019 incluyen el desarrollo de nuevos negocios, el desarrollo de nuevos canales de comercialización y la reducción de costos y análisis del margen de rentabilidad [26]. No surge en dicho relevamiento la mejora de la productividad sin descuidar la calidad o el incremento de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad.

Diversos factores, tales como el lugar que ocupan las PyMEs en la cadena de valor y a las posibilidades reales de reconversión productiva, consolidaron en la década de los 90s una serie de concepciones erróneas acerca de la utilidad de “producir con calidad” en un porcentaje mayoritario de productores primarios de diversas cadenas agroindustriales, así como de Pequeñas y Medianas Empresas. El sector vitivinícola argentino no fue una excepción a esta visión equivocada de la calidad que puede sintetizarse en los siguientes enunciados: “1) La búsqueda de calidad provoca un incremento de los costos fijos y variables de la explotación, afectando negativamente el nivel de la rentabilidad; 2) la adopción de procesos productivos (cambio en la función de producción) encaminados a priorizar la calidad afecta negativamente la productividad de los factores, acarreado una pérdida de competitividad; 3) un adecuado manejo de la etapa final de la producción es suficiente para asegurar la calidad del producto; y 4) si el comprador (industrial, distribuidor o consumidor final) no demanda mayor calidad es inútil producir con ese parámetro u objetivo” [6, p. 165].

Es difícil establecer las causas de dicha visión equivocada de la calidad entre las organizaciones. Un factor posible es la complejidad y los costos inherentes de implementar un sistema de gestión de calidad en organizaciones civiles en USA y UK mediante la implementación de diferentes y sucesivas normas como BS5750 (año 1979), ANSI/ASQC Z1.15 (año 1979) y la serie ISO 9000 (fines de 1987) y sucesivas versiones. Otro factor posible es la existencia de dos modelos de costos de calidad contradictorios en sí respecto del costo de calidad para alcanzar el 100% de productos conformes a especificaciones, así como los procesos requeridos para ello.

El modelo clásico de costos de la calidad fue planteado por Juran en 1951. En el año 1951 Joseph M. Juran brinda respuestas a preguntas tales como cuánto es un gasto tolerable en calidad y cuánta calidad es suficiente que estaban presente en el contexto industrial de Estados Unidos. Juran afirma que los costos de la calidad no son los costos del Departamento de Calidad [27] y demuestra que cada proceso productivo está planificado con un nivel de “costo de la mala calidad” que es inherente al modo con el que el proceso se planificó, a las máquinas que se utilizan, al diseño de la planta de producción, etc. Dado que existen siempre innumerables fuentes de variabilidad, deben implantarse actividades de control de calidad para que el “costo de la mala calidad” no se dispare. Armand V. Feigenbaum, en línea con las ideas planteadas por Juran, define los costos de la calidad como “aquellos costos asociados con la definición, creación, y control de la calidad así como la evaluación y realimentación de los productos conformes con calidad, confiabilidad y requerimientos de seguridad, y aquellos costos asociados con las consecuencias de fallar en cumplir los requerimientos de producción así como en las manos de los clientes” [28]. Los costos de calidad así identificados se clasifican de la siguiente manera: 1) Costos de prevención: Costos derivados de un esfuerzo con el objeto de prevenir desviaciones, imputables a las actividades dedicadas a evitar la aparición de no conformidades (fallas) [27-29]; 2) Costos de evaluación: Costos derivados de un esfuerzo para verificar la calidad del producto y la detección de desviaciones, imputables a la verificación de la conformidad de los productos con las exigencias de calidad [28]; 3) Costos de fallas internas: Costos resultantes de desviaciones encontradas antes de llegar el producto al cliente, imputables a pérdidas ocasionadas como consecuencia de no conformidades detectadas en la propia empresa [28]; y 4) Costos de fallas externas: Costos resultantes de desviaciones encontradas después de entregar el producto al cliente, imputables a pérdidas ocasionadas como consecuencia

de no conformidades detectadas por el propio cliente. Se tratan los costos tangibles, es decir, los que se pueden medir [28]. Feigenbaum destaca la alta proporción de los costos de calidad en el PBI que puede alcanzar del 7% al 10% o incluso un porcentaje superior del total de ventas [30, p. 5] por lo que su reducción permitiría mejorar los resultados operativos de las organizaciones y la posición competitiva de los productos .

En su propuesta original de 1952, Juran señala la existencia de un nivel de costos óptimo de la calidad que se debe identificar (Modelo Clásico en la figura 3) por lo que no es posible alcanzar el 100% de productos conforme a especificaciones con un costo total finito. En un extremo del proceso los costos de verificación y prevención son cero cuando el producto es 100% defectuoso (límite izquierdo de la figura). Para mejorar la calidad, se aumentan los costos de prevención y verificación para tratar de obtener “la perfección” entendida como el 100% de productos conformes. En dicho extremo del proceso, los costos de prevención crecen asintóticamente, llegando a hacerse infinitos para el 100% de la conformidad; y los costos de fallos se reducen a cero. Por ende, la curva de costos resultante de considerar los costos básicos de fabricación como materiales, mano de obra, instalaciones (costos constantes independientemente de la calidad de conformidad) y la curva de los costos de calidad presenta un mínimo. En consecuencia, la mejor decisión es identificar dicho mínimo y alcanzar el nivel de producción de productos conformes que mantiene los costos totales de operación en su menor valor. Este principio propuesto en los 50s todavía sigue teniendo amplia difusión en diversos sectores industriales como el turístico [31], bioquímico [32, pp. 21-22], modelado de cadenas de suministro [33], agroindustrial [34, pp. 52-56], seguridad en sistemas de transporte [35] así como el académico [36-38] modelando el proceso de decisión de profesionales y por ende la actitud de las organizaciones hacia la calidad como algo costoso de alcanzar.

Como alternativa a este modelo, a través de las ediciones más actuales del Manual de Control de la Calidad [39], se puede observar que se postula también la existencia del Modelo de Costos Finitos de Calidad. Este segundo modelo postula que es posible alcanzar la calidad perfecta a un costo finito quedando definido el nuevo modelo de costos óptimos de la calidad con cero defectos como se muestra en figura 3. En este modelo, los costos de fallas se igualan a cero y los costos de prevención y evaluación toman un valor finito cuando se logra el 100% de productos conforme a especificaciones. Por ende, los costos de calidad toman un valor finito para el 100% de productos conforme a especificaciones. American Society for Quality (ASQ) define los costos de la calidad como “la diferencia entre el costo real de un producto o servicio y lo que sería el costo reducido si no hubiera la posibilidad de un servicio con un nivel por debajo de los estándares establecidos, productos fallados o defectos en su fabricación” [40, p. 5] y sigue identificando las componentes de costos de calidad propuestas por Feigenbaum.

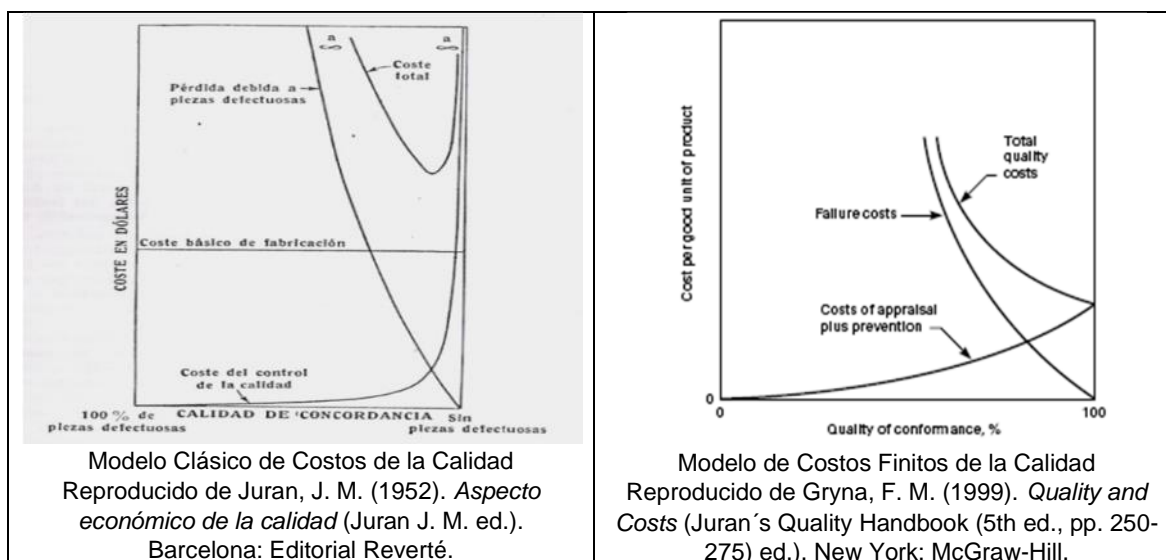


Figura 3 Modelos de costos de la calidad.

Tanto Juran como ASQ [40] plantean los límites de alcanzar el 100% de productos conforme a especificaciones con un costo finito. Una restricción es la dificultad de identificar todas las causas posibles por lo que no sería posible “alcanzar la perfección a un costo finito” [41, p. 8.22]. Sin embargo, el reporte de productos no conformes por parte del cliente permitiría dicha identificación y por lo tanto su cuantificación. Una segunda restricción planteada es que solo en industrias altamente automatizadas con procesos de inspección automáticos que permiten alcanzar un muy bajo nivel de defectos sería viable económicamente este modelo [40, 41] .

Dado que las compañías nunca publican los datos relacionados con sus costos de calidad y la definición de costos de calidad, así como la métrica para medirlos varía sustancialmente, existe nula o mínima evidencia que soporte la prevalencia de unos de estos dos modelos [41]. A la fecha, hay

una ausencia de investigación para determinar el modelo prevalente de costos de la calidad en el sector bajo análisis. Este estudio permite avanzar en esta área y brinda soporte a la efectiva prevalencia del modelo de costos finitos de calidad. Igualmente argumenta a favor de que es posible alcanzar el 100% de productos conforme a especificaciones con un valor finito de calidad mediante la mejora de cada puesto de trabajo y de los procesos relacionados en lugar de la incorporación de tecnología de alto costo.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Para esta investigación se estableció una metodología de estudio de caso y se identificó y analizó la estructura de los costos de la calidad en el sector vitivinícola en la región de Cuyo en el período 2010 – 2014 con el análisis del caso particular de una de las principales bodegas fraccionadoras y envasadoras cooperativas de segundo grado en Mendoza. Por razones de confidencialidad de los datos no se hará mención a su nombre en este trabajo. El marco metodológico elegido para esta investigación corresponde a un paradigma cuantitativo, con un diseño de investigación exploratorio/descriptivo, no experimental y de corte longitudinal. Los datos surgen del análisis de una de las líneas de fraccionamiento en el período 2010 – 2014. Para esta investigación se establecerá la siguiente hipótesis de investigación o hipótesis alternativa:

H_a: Existiría una correlación negativa entre los costos de la calidad de la línea de fraccionamiento A2 y el grado de productos conformes de dicha línea de fraccionamiento.

En consecuencia, la hipótesis nula será:

H₀: Existiría una correlación positiva entre los costos de la calidad de la línea de fraccionamiento A2 y el grado de productos conformes de dicha línea de fraccionamiento.

Las hipótesis complementarias se pueden enunciar como:

H₁: A mayor nivel de productos conformes se reducirían los costos de fallas internas de la línea de fraccionamiento A2.

H₂: A mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de prevención de la línea de fraccionamiento A2.

H₃: A mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de evaluación de la línea de fraccionamiento A2.

4. RESULTADOS.

A partir de la recolección de datos y la identificación del porcentaje de productos conformes a especificaciones en la línea de fraccionamiento considerada en el período 2010 – 2014 (figura 4) se calcularon los costos totales de calidad, así como el valor de los costos de evaluación, prevención y fallas internas. La compañía no lleva registros de los costos de fallas externas (figura 4). El análisis estadístico descriptivo inicial para el Costo Total de Calidad indica que su valor varió, para el total de meses considerado (N=53), entre un mínimo de \$57.500 y un máximo de \$63.912 con un valor promedio de \$58.680 y una desviación estándar de \$1.798. El valor del Costo Total de Calidad presenta una distribución modal asimétrica, desplazado positivamente (Skewness = 2,195 / Standard error of skewness = .327), con un serio valor de desplazamiento respecto de la normal ($-0.654 > -0.039 < 0.654$ / Skewness Factor = 2.93 > +2) por lo que NO puede considerarse una distribución aproximadamente normal.

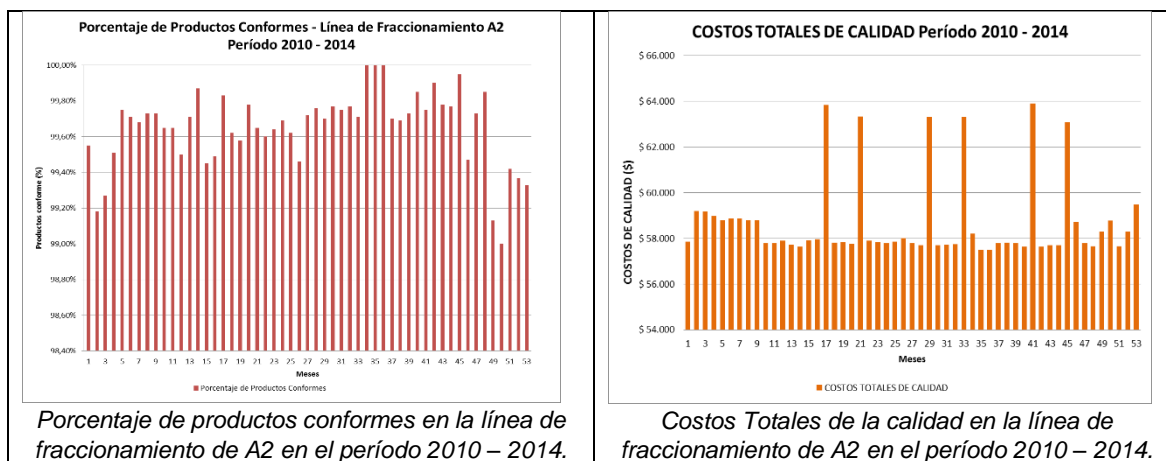


Figura 4 *Porcentaje de productos conformes y costos totales de calidad de la línea de fraccionamiento A2.*
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos de la Empresa Primaria en el período 2010-2014.

La componente Costos de Prevención de los Costos Totales de la Calidad incluye los costos de Sistema de datos; Control de proceso y Entrenamiento. Su variación en el período 2010 – 2014 se muestra en la figura 5 como porcentaje de los Costos Totales de Calidad. Para los Costos de Prevención como porcentaje de los Costos de Calidad, el análisis estadístico descriptivo inicial indica que el valor mensual varió entre un mínimo de 31.58% y un máximo de 35,56% del Costo de Calidad con un valor promedio de 34.22% y una desviación estándar de .91%. El valor mensual de los Costos de Prevención presenta una distribución modal asimétrica, desplazado negativamente (Skewness = -2.019/ Standard error of skewness = .327), con un desplazamiento significativo respecto de la normal (-0.654 > -2.019 < +0.674 / Skewness Factor = 6.17 > +2) por lo que puede considerarse una distribución NO normal y modal

La componente Costos de Evaluación de los Costos Totales de la Calidad incluye los costos de las horas de control; la auditoría de calidad; las horas de inspección/testeo y las horas de inspección del material. Su variación en el período 2010 – 2014 se muestra en la figura 5 como porcentaje de los Costos Totales de Calidad. Para los Costos de Evaluación, el análisis estadístico descriptivo inicial indica que el valor mensual varió entre un mínimo de 63.80% y un máximo de 72.30% con un valor promedio de 65.40% y una desviación estándar de 1.88%. El valor mensual de los Costos de Evaluación presenta una distribución bimodal asimétrica, desplazado positivamente (Skewness = 3.067/ Standard error of skewness = .327), con un desplazamiento significativo respecto de la normal (-0.654 < 3.067 > +0.654 / Skewness Factor = 9.38 > +2) por lo que puede considerarse una distribución NO normal y multimodal

Finalmente, la componente Costos de Fallas Internas de los Costos Totales de la Calidad incluye los costos de rotura de botellas, reemplazo de etiquetas y corchos y las horas de reproceso. No se incluye el costo de elaboración (vino desperdiciado a consecuencia de reprocesar una botella). Su variación en el período 2010 – 2014 se muestra en la figura 6 como porcentaje de los Costos Totales de Calidad. Para los Costos de Fallas Internas, el análisis estadístico descriptivo inicial indica que el valor mensual varió entre un mínimo de 0,00% y un máximo de 2.16% con un valor promedio de .55% y una desviación estándar de .42%. El valor mensual de los Costos de Fallas Internas presenta una distribución bimodal asimétrica, desplazado positivamente (Skewness = 2,238/ Standard error of skewness = .327), con un desplazamiento significativo respecto de la normal (-0.654 < 2,238 > +0.654 / Skewness Factor = 6,84 > +2) por lo que puede considerarse una distribución NO normal y multimodal.

Para realizar el análisis estadístico inferencial asociativo, se realizó inicialmente la verificación de normalidad de las variables consideradas. Dado que el tamaño de la muestra es suficientemente grande (53 > 30 a 40), la violación de la suposición de normalidad no debería causar mayores problemas. Esto implica que puede utilizarse procedimientos paramétricos incluso cuando los datos no están normalmente distribuidos. De acuerdo al Teorema del Límite Central, (a) si los datos de la muestra son aproximadamente normales entonces la distribución de la población muestreada será también normal; (b) en el caso de muestras grandes (> 30 a 40), la distribución de la población muestreada tiende a ser normal independientemente de la forma de los datos; y (c) los valores promedios de muestras aleatorias de cualquier distribución tendrán una distribución normal. No obstante, para confirmar este análisis preliminar se aplicó el test de Shapiro Wilks W dado que el tamaño de la muestra es próximo a 40. El resultado de este test confirmó la normalidad de las variables consideradas.

El análisis estadístico inferencial asociativo, aplicando la correlación de Pearson, muestra que existe una correlación negativa estadísticamente significativa entre la variable dependiente (porcentaje de productos conformes) y la variable independiente (Costos de la Calidad) (Pearson Correlation= r

(47) $r = -.551, p = .000$ (figura 7). La correlación negativa significa que a medida que los costos totales de calidad disminuyen el porcentaje de productos conformes crece aproximándose al 100%. El valor ajustado de R es de .288. Esto indica que el 29% de la variación en el Costo de la Calidad es explicado por el porcentaje de productos conformes. Utilizando las reglas de Cohen (1988), la magnitud del efecto [effect size] se halla entre mayor que la típica o grande (+.50) y mucho mayor que la típica ($\geq .70$) (Leech et al., 2005). En consecuencia, se descarta la hipótesis nula y se halla evidencia que soporta la hipótesis alternativa H_a que postula que existiría una correlación negativa entre los costos de la calidad de la línea de fraccionamiento A2 y el porcentaje de productos conformes de dicha línea de fraccionamiento. Este hallazgo también provee evidencia empírica que soporta el Modelo de Costos Finitos de la Calidad que postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad a un costo finito y resta soporte al Modelo Clásico de Costos de la Calidad que postula que el costo de calidad crece a infinito cuando se intenta alcanzar el 100% de productos conformes.

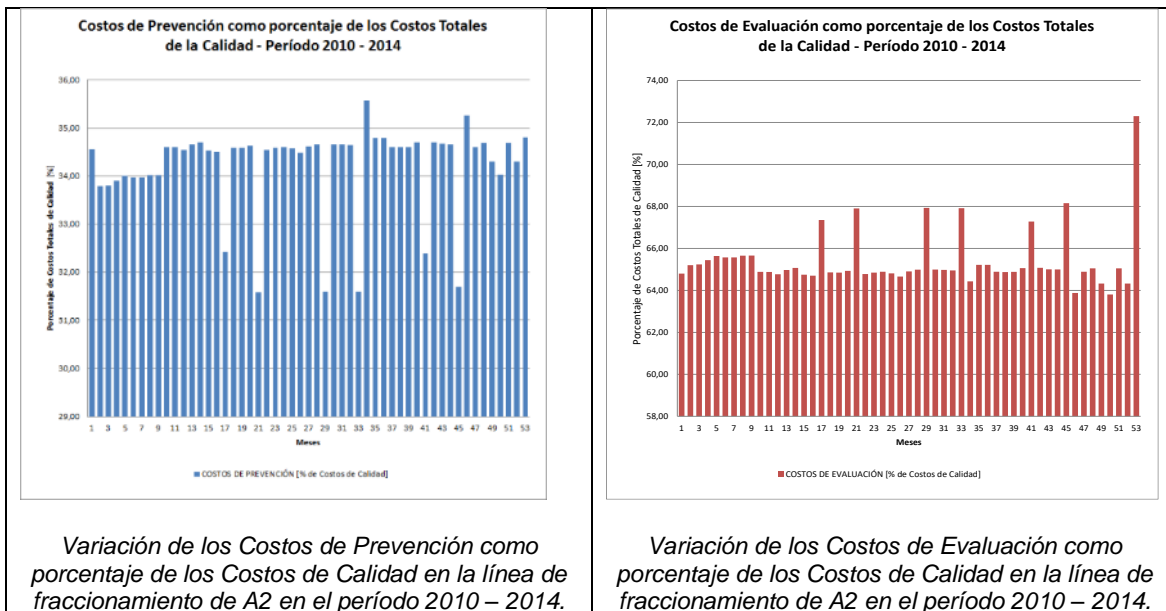


Figura 5 Costos de prevención y evaluación de la línea de fraccionamiento A2.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos de la Empresa Primaria en el período 2010-2014.

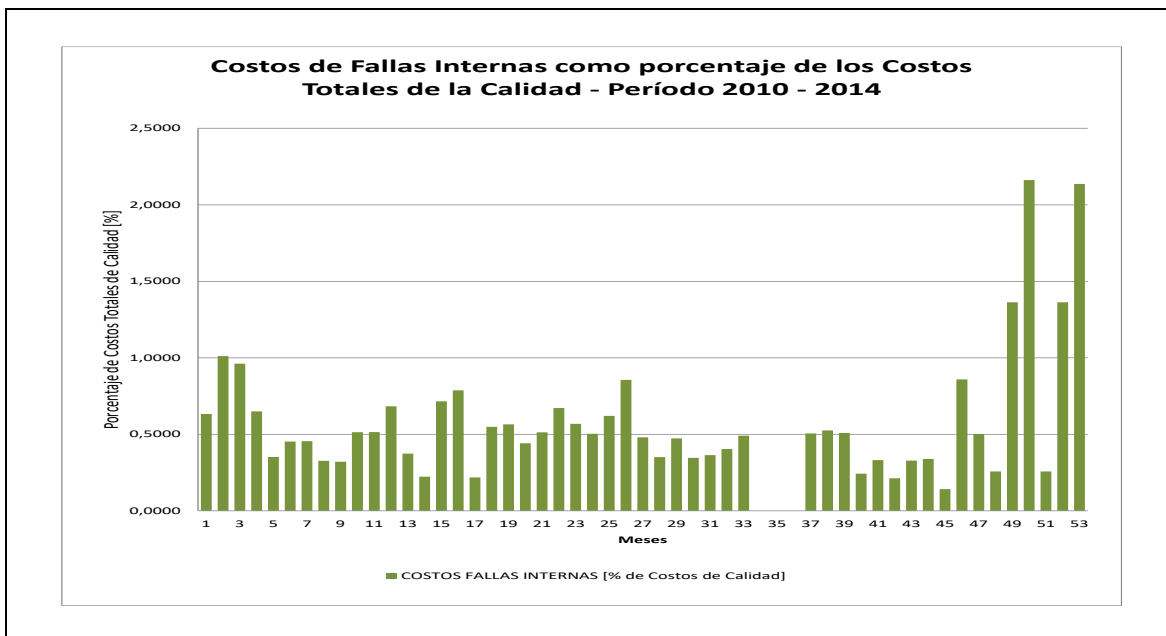


Figura 6 Variación de los Costos de Fallas Internas como porcentaje de la variable independiente “Costos Totales de la Calidad” en la línea de fraccionamiento de A2 en el período 2010 – 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos de la Empresa Primaria en el período 2010-2014. Ambos modelos de calidad postulan que los costos de fallas internas disminuyan a cero a medida que el porcentaje de productos conformes se acerca al valor del 100% por lo que se estableció como una de las hipótesis complementarias H_1 que a mayor nivel de productos conformes se reducirían los costos de fallas internas de la línea de fraccionamiento A2. Se halla que hay una correlación

negativa estadísticamente significativa entre la variable dependiente (porcentaje de productos conformes) y la componente Costos de Fallas Internas de la variable independiente (Costos de la Calidad) (Pearson Correlation= $r(53) = -.866$, $p=.000$) (figura 7). La correlación negativa significa que a medida que la componente Costos de Fallas Internas de la variable dependiente de calidad disminuye el porcentaje de productos conformes crece aproximándose al 100%. El valor ajustado de R es de .745. Esto indica que el 75% de la variación en la componente Costos de Fallas Internas de la variable independiente (Costos de la Calidad) es explicado por el porcentaje de productos conformes. Utilizando las reglas de Cohen (1988), la magnitud del efecto [effect size] está entre mayor que la típica o grande (+.50) y mucho mayor que la típica ($\geq .70$) [42]. En consecuencia, se halla evidencia que soporta la hipótesis complementaria H_1 que postula que a mayor nivel de productos conformes se reducirían los costos de fallas internas de la línea de fraccionamiento A2. Este hallazgo también provee evidencia empírica que soporta ambos modelos de calidad que postulan que es posible alcanzar el 100% de conformidad con un costo de fallas internas igual a cero.

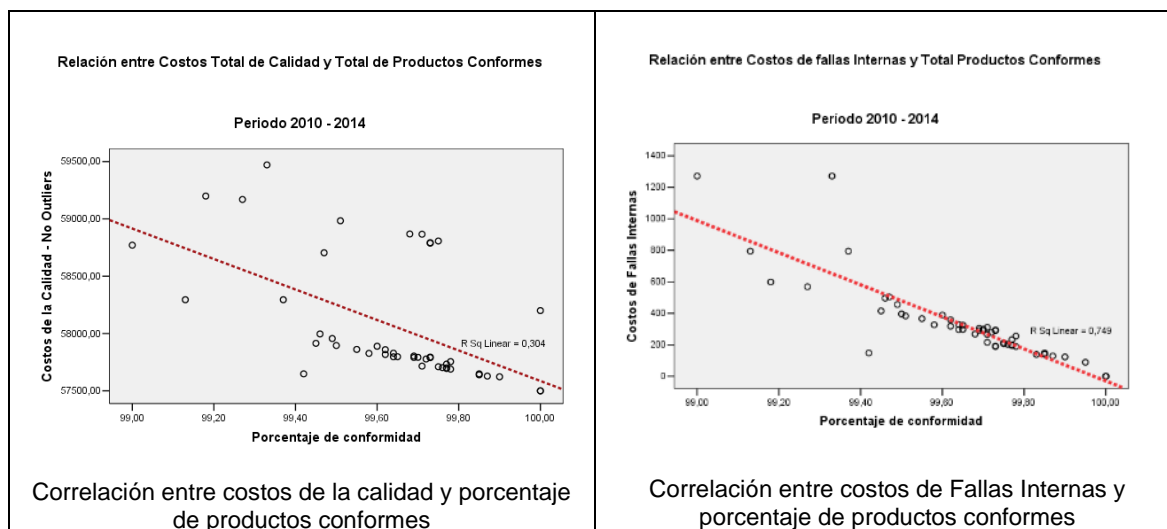


Figura 7 Correlación entre Costos de Calidad, Costos de Fallas Internas y el Porcentaje de Productos Conformes en la línea de fraccionamiento de A2 en el período 2010 – 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos de la Empresa Primaria en el período 2010-2014.

Como postula el Modelo Clásico de Costos de la Calidad, si se toman los costos de producción como referencia, los costos de prevención crecen asintóticamente, llegando de esta forma a ser infinitos para el 100% de la conformidad. Como alternativa a este modelo, a través de las ediciones más actuales del Manual de Control de la Calidad [43], el Modelo de Costos Finitos de la Calidad postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad a un costo finito y por ende a un costo finito de los costos de prevención. En consecuencia, se estableció como una de las hipótesis complementarias H_2 que a mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de prevención de la línea de fraccionamiento A2. Se halla que no hay una correlación estadísticamente significativa entre la variable dependiente (porcentaje de productos conformes) y la componente Costos de Prevención de la variable independiente (Costos de la Calidad) (Pearson Correlation= $r(53) = .039$, $p=.391$) (figura 8). La ausencia de correlación tanto positiva como negativa muestra que la inversión en prevención es independiente del porcentaje de productos conformes ya que se considera que el proceso se mantiene en control con las acciones que se realizan anualmente. El valor ajustado de R es de -.018. Utilizando las reglas de Cohen (1988), la magnitud del efecto [effect size] está entre mayor que la típica o grande (+.50) y mucho mayor que la típica ($\geq .70$) [42]. En consecuencia, no se halla evidencia que soporte la hipótesis complementaria H_2 que postula que a mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de prevención de la línea de fraccionamiento A2. Este hallazgo también provee evidencia empírica que soporta el Modelo de Costos Finitos de la Calidad que postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad con un costo de prevención finito.

Como postula el Modelo Clásico de Costos de la Calidad planteado por Juran (1983), si se toman los costos de producción como referencia, los costos de evaluación crecen asintóticamente, llegando de esta forma a ser infinitos para el 100% de la conformidad. Como alternativa a este modelo, a través de las ediciones más actuales del Manual de Control de la Calidad [43], el Modelo de Costos Finitos de la Calidad postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad a un costo finito y por ende a un costo finito de los costos de evaluación. En consecuencia, se estableció como una de las hipótesis complementarias H_3 que a mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de evaluación de la línea de fraccionamiento A2.

Se halla que no hay una correlación estadísticamente significativa entre la variable dependiente (porcentaje de productos conformes) y la componente Costos de Evaluación de la variable independiente (Costos de la Calidad) (Pearson Correlation= $r(53) = .058$, $p=.340$) (figura 8). La ausencia de correlación tanto positiva como negativa muestra que la inversión en evaluación es independiente del porcentaje de productos conformes ya que se considera que el proceso se mantiene en control con las acciones que se realizan anualmente. El valor ajustado de R es de $-.016$. Utilizando las reglas de Cohen (1988), la magnitud del efecto [effect size] está entre mayor que la típica o grande ($+0.50$) y mucho mayor que la típica (≥ 0.70) [42]. En consecuencia, no se halla evidencia que soporte la hipótesis complementaria H_3 que postula que a mayor nivel de productos conformes se incrementarían los costos de evaluación de la línea de fraccionamiento A2. Este hallazgo también provee evidencia empírica que soporta el Modelo de Costos Finitos de la Calidad que postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad con un costo de prevención finito.

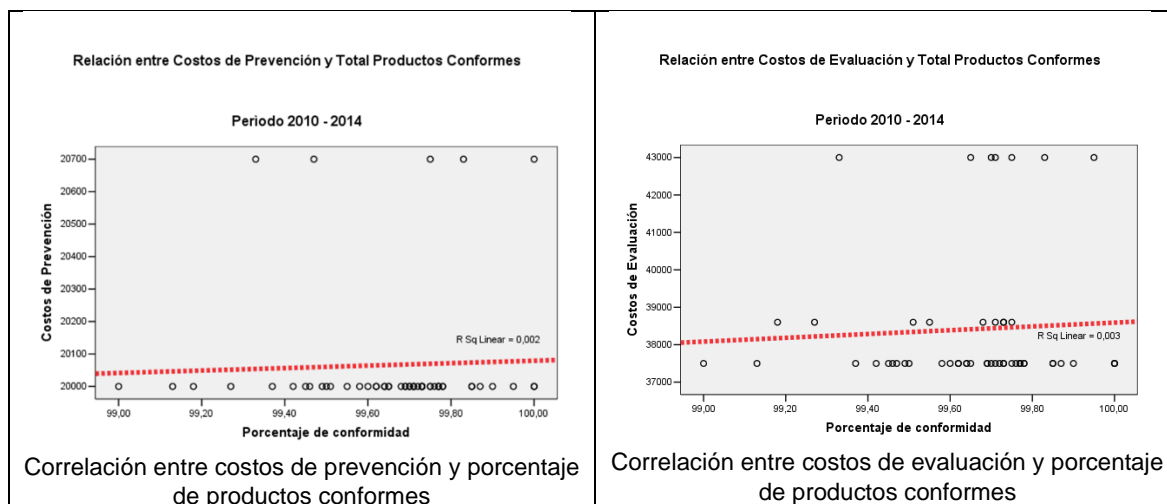


Figura 8 Correlación entre Costos de Prevención y Evaluación y el Porcentaje de Productos Conformes en la línea de fraccionamiento de A2 en el período 2010 – 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos de la Empresa Primaria en el período 2010-2014.

5. CONCLUSIONES.

Como primera conclusión puede enunciarse que la inversión en acciones de prevención y evaluación identificadas como las componentes de costos de prevención y evaluación de la variable costos de la calidad permite mantener los productos conformes en un porcentaje superior al 99% reduciendo de esta forma los costos de reproceso y minimizando los costos de operación. Como segunda conclusión se halla evidencia empírica que soporta el Modelo de Costos Finitos de la Calidad que postula que es posible alcanzar el 100% de conformidad a un costo finito. Finalmente, como tercera conclusión se halla que los costos totales de calidad conformados por los costos de fallas internas y las acciones de prevención y evaluación solo representan entre 26 y 36 % del total de los costos de producción en la línea de fraccionamiento A2. Estos costos de calidad impactan positivamente en la satisfacción del cliente externo al reducir el número de no conformidades.

Como primera recomendación, se debería identificar la existencia o no de fallas externas (aquellas detectadas por los clientes) de modo de poder contabilizarlas en el costo total de calidad y tomar las acciones correctivas correspondientes. Finalmente, como segunda recomendación, se debería sistematizar la captura de costos relacionados con la calidad tanto desde el punto de vista contable (incorporando las categorías correspondientes) como desde el acceso a dichos datos desde el área de producción para poder determinar en forma inmediata el impacto de los procesos de mejora continua implementados.

Un primer aspecto de la importancia de este estudio respecto a sus aportes teóricos originales radica en el análisis realizado sobre la relación entre los costos de la calidad y el porcentaje de productos conformes a especificaciones dada la ausencia de estudios longitudinales que mostraran evidencia a favor de uno u otro modelo. Se halla evidencia empírica que soporta el Modelo de Costos Finitos de la Calidad y resta soporte al Modelo Clásico de Costos de la Calidad. Este hallazgo permite guiar correctamente las decisiones de los responsables de calidad y mejorar el impacto de las acciones de prevención y evaluación en la reducción de productos no conformes en un proceso de mejora continua. Un segundo aspecto radica en cubrir – en un primer caso de estudio - la ausencia de estudios académicos del impacto de los costos de la calidad en las organizaciones cooperativas en el sector vitivinícola radicadas en la región de Cuyo, Argentina. La puesta en valor de este trabajo radica en poder transferir los puntos de aprendizaje a bodegas con procesos similares, pero de menor escala de proceso que conforman el 80% del total de bodegas fraccionadoras. Este resultado es también transferible al proceso de elaboración y al conjunto de PyMEs industriales.

La naturaleza de limitaciones de este estudio se ubicó en los siguientes puntos: Fuentes de información, restricciones en el análisis del modelo aplicado para estudio de Costos Totales de la Calidad y, la ausencia total de estudios de Costos de la Calidad previos en la empresa. La empresa cuenta con registros de datos completos en lo que concierne al período de estudio seleccionado, sin embargo, carece de información precisa en algunos ítems, tales como las fallas internas (rotura de botellas, colcado de etiquetas, horas de reproceso, entre otras). Sin bien la empresa tiene conocimiento de estos sucesos, no atribuye mucha importancia a la misma. Por este motivo, se debió realizar visitas frecuentes para observar estos puntos y obtener un estimativo porcentual de los mismos en forma mensual, además de realizar varias entrevistas al personal de incumbencia en el área seleccionada. En lo que respecta a las restricciones en el análisis del modelo aplicado, se hace referencia a la ausencia total del estudio de los Costos generados por fallas externas, teniendo un enfoque netamente interno. Por este motivo, el estudio de Costos Totales pierde precisión a la hora de exponer todos los datos procesados obtenidos. El último punto hace referencia a la ausencia de estudios previos de la misma índole dentro de la industria.

6. REFERENCIAS.

- [1] Asociación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas. (2017). *Análisis de Precios y Rentabilidad. Sector Vitivinícola*, Asociación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas. Mendoza, Argentina.
- [2] Chazarreta, A.; Rosati, G. (2016). "Transformaciones vitivinícolas recientes: estructura productiva y patrones de movilidad de las bodegas. Mendoza (Argentina), 2004-2011". *Revista Cuadernos*. 50, p. 233-257.
- [3] Observatorio Vitivinícola Argentino. (2014). *Mapa de establecimientos vitivinícolas en Argentina*. Mercado interno.
- [4] Asociación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas. (2019). *Análisis de la concentración en el mercado vitivinícola*, Asociación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas. Mendoza, Argentina.
- [5] Badaloni, R. (2020). *Conflicto de poder entre bodegueros y viñateros*, en *Clarín*. 8934. Arte Gráfico Editorial Argentino S.A. CABA, Argentina.
- [6] Azpiazu, D.; Basualdo, E. (2001). *El complejo vitivinícola argentino en los noventa: potencialidades y restricciones*. , Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). Buenos Aires, Argentina.
- [7] González, S. (2018). *De las 20 bodegas grandes, sólo seis son de mendocinos*, en *Los AndesDiario Los Andes Hnos Calle S.A.* . Mendoza, Argentina.
- [8] Secretaría de Política Económica. (2018). *Informes de Cadenas de Valor - Vitivinícola*, en *Informes de Cadenas de Valor*. 1ra. Ministerio de Hacienda de la Nación. CABA, Argentina.
- [9] Observatorio Vitivinícola Argentino. (2020). *Exportaciones de vinos*, en *mensual*. 17 de septiembre de 2020 13:32:05. Observatorio Vitivinícola Argentino. <http://observatoriova.bolsamza.com.ar/>.
- [10] International Organisation of Vine and Wine (OIV). (2020). *2019 Statistical Report on World Vitiviniculture*, International Organisation of Vine and Wine. Francia.
- [11] Dulcich, F. (2016). "Reestructuración productiva en un contexto de apertura y desregulación: la industria vitivinícola argentina ante los desafíos de la reducción de escala". *H-industri@*. 10, 18, p. 27.
- [12] Saieg, L. (2016). *El costo de transportar vino en camión es 82% más caro que por tren*, en *Los Andes*. 9118 Diario Los Andes Hnos Calle S.A. Mendoza, Argentina.
- [13] Rebón, N. (2017). *Con altos costos para exportar, los vinos argentino pierden espacio en las góndolas de todo el mundo*, en *El Cronista Comercial*/El Cronista Comercial S.A. CABA, Argentina.
- [14] Ministerio de Desarrollo Productivo. (2017). *Distribución de empresas y empleo privado formal por tamaño de empresa*, en *trimestral*. 20/06/2017. Ministerio de Desarrollo Productivo. CABA, Argentina.
- [15] Cimoli, M. (Year). *Cambios en el escenario competitivo: geopolítica y revolución tecnológica. Seminario regional: América Latina y Europa ante la disrupción tecnológica: una nueva era de políticas e instituciones para las mipymes*. of Conference. Ciudad de México, México.
- [16] PROMENDOZA Argentina. *Más de 400 bodegas mendocinas exportaron sus vinos en el 2019*. EXPORTACIONES 2020 22/01/2020 [cited 2020 20/09/2020]; Available from: <https://www.promendoza.com/es/mas-de-400-bodegas-mendocinas-exportaron-sus-vinos-en-el-2019/>.
- [17] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2020). *Mercado de trabajo. Tasas e indicadores socioeconómicos (EPH). Primer trimestre de 2020*, en *Informes técnicos* Ministerio de Economía. CABA, Argentina.
- [18] Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). (2018). *Parte I: Contexto Productivo de la Vitivinicultura*, en *Relevamiento Vitivinícola Argentino INV* Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). Mendoza, Argentina.

- [19] Ministerio de Producción. *PyMEs Registradas*. 2020 23 de febrero de 2020 [cited 2020 19/09/2020]; Available from: <https://www.produccion.gob.ar/pymesregistradas/>.
- [20] Secretaría de Política Económica. (2019). *Mendoza Informe Productivo Provincial. Diciembre 2019*, en *Informe Productivo Provincia* Ministerio de Hacienda. CABA, Argentina.
- [21] Consejo Empresario Argentino (CEM). (2018). *Desarrollo económico de Mendoza. Perspectivas a futuro* Consejo Empresario Argentino (CEM). Mendoza, Argentina.
- [22] Barzola-Elizagaray, P.; Engelman, A. (2020). "La vitivinicultura en Mendoza desde 1990: Entre la globalización y el desarrollo regional ". *ÍCONOS Revista de Ciencias Sociales. XXIV (1.º cuatrimestre)*, 66, p. 22.
- [23] Recasens, M. (2003). *Economía vitivinícola en el siglo XXI*. ACENOLOGIA. Revista de enología científica y profesional.
- [24] Koontz, H.; Weihrich, H.; Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial*. 14va. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. Mexico, D.F.
- [25] Gullickson, W. (1995). "Measurement of productivity growth in U.S. manufacturing". *Monthly Labor Review. July 1995*, p. 25.
- [26] PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6º Encuesta a Pymes de PwC Argentina*, en *Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. 1st. PwC Argentina. CABA, Argentina.
- [27] Juran, J.M. (1952). Aspecto económico de la calidad, en *Manual de Control de la Calidad*. J.M. Juran. Editorial Reverté. Barcelona.
- [28] Feigenbaum, A.V. (1956). "TOTAL QUALITY CONTROL". *Harvard Business Review. 34, 6, p. p93-101, 9p.*
- [29] Feigenbaum, A.V. (1994). *CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD*, EDITORIAL CONTINENTAL. MEXICO
- [30] Feigenbaum, A.V. (1991). *Total Quality Control, Revised Fortieth Anniversary Edition*. McGraw-Hill Companies. New York.
- [31] Morillo M., M.C. (2010). "Sistemas de costos de calidad para establecimientos de alojamiento turístico". *Actualidad Contable Faces. 13, 20, p. 98-113*.
- [32] Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Módulo 9: El costo de la calidad*, en *Curso de Gestión de Calidad para Laboratorios* Organización Mundial de la Salud. Washington D.C.
- [33] Castillo-Villar, K.K.; Smith, N.R.; Simonton, J.L. (2012). "A model for supply chain design considering the cost of quality". *Applied Mathematical Modelling. 36 p. 5920-5935*.
- [34] Serrano, P.M. (2013). *Evaluación de los Costos de Calidad en un Tambo Bovino, como Resultado de la Implementación de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad, SAC, Higiénico-Sanitaria de la Leche*, en *Instituto de la Calidad Industrial, INCALIN* Universidad Nacional de San Martín, UNSAM. Provincia de buenos Aires, Argentina.
- [35] Hardy, T.L. (2006). *Using Cost of Quality Approaches to Improve Commercial Space Transportation Safety*, en *24th International System Safety Conference*. Providence, RI USA.
- [36] Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial (updce). (2006). *GUÍA BÁSICA PARA MONITOREAR LOS COSTOS DE LA CALIDAD*, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- [37] Chauvet, S.; Palacios, A.; Guzman, C. (Year). *El Enfoque de los Costos de la No Calidad. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA 2002*. of Conference. Catamarca.
- [38] Ipacs, M. (1990). "Economic quality management". *Total Quality Management. 1, 3, p. p365, 9p.*
- [39] Juran, J.M. (1988). *Juran's quality control handbook*. 4ta. McGraw-Hill. New York.
- [40] Campanella, J. (2000). *Los costes de la calidad. Principios, implantación y uso*. 3rd. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid.
- [41] Gryna, F.M. (1999). Quality and Costs, en *Juran's Quality Handbook*. J.M. Juran, et al. 5th. McGraw-Hill. New York.
- [42] Leech, N.L.; et al. (2005). *SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation*. 2nd. Laurence Erlbaum Associates. Mahwah, New Jersey.
- [43] Juran, J.M. (1993). *Manual de Control de Calidad*. 4ta. Editorial Reverté. Madrid.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al personal de la bodega cooperativa de 2do orden bajo estudio por su permanente colaboración y ayuda en la interpretación de los datos obtenidos.



Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

	Título del Trabajo	Código
	Estandarización del sistema de producción de una plataforma para pruebas en una empresa desarrolladora de tecnología	CO20-B06
	Desafíos organizacionales en tiempos de Pandemia. Home Office: una modalidad que se impone	CO20-B08
	Análisis de los objetivos claves que llevan a la innovación sostenible en empresas españolas.	CO20-B09
	El Aprendizaje en PyMES en tiempos de pandemia	CO20-B13
	Vinculación colaborativa en tiempos de aislamiento social	CO20-B14
	Análisis de un modelo de planificación con abordaje estratégico para ferias francas de la provincia de Misiones	CO20-B15
	Reingeniería de Procesos en el ámbito de la Justicia Penal para cambio de modalidad de trabajo por cuarentena	CO20-B17
	Organización de redes eco-industriales: hacia la necesidad de nuevos modelos de participación y gestión	CO20-B18
	Diseño estructural de una oficina de servicios configurable dinámicamente ante cambios cuali-cuantitativos en la demanda	CO20-B19
	Modelo de simulación para gestión hospitalaria	CO20-B24
	Ventajas y desventajas del HomeOffice que evidenció el aislamiento social	CO20-B25
	Influencia del acervo de desarrollo organizacional en el resultado esperable de una empresa	CO20-B27
	La incorporación de las nuevas generaciones a las empresas familiares	CO20-B28
	Proceso de replanificación estratégica anual y adecuación de mapa estratégico	CO20-B31
	Capacitación focalizada en productores del cinturón frutihortícola del partido de General Pueyrredón	CO20-B34
	Comunicaciones organizacionales en tiempo de crisis	CO20-B35
	Modelo teórico para la construcción de un sistema integral de información académica	CO20-B39
	Proyecto de intervención para la atención a la baja graduación oportuna en una Facultad de Ingeniería en Colombia, desde la Gestión Educativa Estratégica	CO20-B41

Estandarización del Sistema de Producción de una Plataforma para Pruebas en una Empresa Desarrolladora de Tecnología

León-Duarte, Jaime; Valdez-Ochoa, Fernando*; Romero-Dessens, Luis

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora.

Hermosillo, México.

Jaime.leon@unison.mx, a208203573@unison.mx, luisfelipe.romero@unison.mx.

RESUMEN

El artículo describe las problemáticas que se presentan en el sistema de producción de una plataforma de prueba para drones dentro de una empresa desarrolladora de tecnología a causa de la falta de estandarización en sus procesos. Se presenta una metodología de 4 pasos basada en el enfoque de gestión por procesos con la cual se logra describir el entorno donde se desenvuelve la problemática y se logra identificar el grado de estandarización de los diferentes procesos que componen a la empresa y la manera en que estos se interrelacionan. De igual manera, se utiliza un método de evaluación para identificar los procesos críticos que requieren de la ejecución de actividades de mejora.

Palabras Claves: Sistema de Producción, Procesos, Estandarización

ABSTRACT

The article describes the problems that arise in the production system of a test platform for drones within a technology development company due to the lack of standardization in its processes. A 4-step methodology is presented based on the process management approach with which it is possible to describe the environment where the problem occurs, furthermore, it is possible to identify the degree of standardization of the different processes that make up the company and the way in which these are interrelated. In the same way, an evaluation method is used to identify the critical processes that require the execution of improvement activities.

Keywords: Production System, Processes, Standardization

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, las empresas que se dedican a la manufactura de bienes han priorizado invertir su capital en cuestiones relacionadas a la mejora de la calidad en sus productos, con el objetivo de incrementar su productividad y competitividad. Esto representa un gran reto para la pequeña y mediana empresa (PyME) debido a que tienen que competir con la capacidad de respuesta que tienen las grandes organizaciones, donde los costos de producción y tiempos de entrega son significativamente diferentes [1].

Según González-Rosas et al. [2], para que las PyMEs sean capaces de competir con las grandes organizaciones es necesario que asuman compromisos como el mejorar las características esenciales de sus productos. Para lograrlo, la estandarización es una herramienta fundamental capaz de apoyar en el control de los procedimientos, materiales, tiempos y en la calidad del producto terminado.

En el presente artículo se plantea la problemática generada por la falta de estandarización en el sistema de producción de una empresa desarrolladora de tecnología y se presenta una serie de etapas como propuesta de solución a la problemática. Tras la aplicación de la serie de etapas se busca facilitar y agilizar el desempeño de la empresa de manera que se puedan cumplir los procedimientos requeridos para ofrecer productos y servicios de calidad.

En la primera sección se presenta el marco teórico, el cual sirve como base para contextualizar el concepto de estandarización y la problemática a resolver. En la siguiente sección se realiza la descripción del problema actual mediante la ambientación de su realidad en relación con el medio dentro del cual aparece. Después se muestra la metodología implementada, seguido de los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología y por último las conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se abordan los temas y conceptos que son de relevancia dentro del contexto de la propuesta presentada en el artículo.

2.1. Sistema de Producción

Un sistema de producción puede ser descrito como una serie de elementos organizados e interrelacionados cuyo fin es el transformar insumos en productos o servicios que son de utilidad para los clientes [3]. Por otra parte, Groover [4] menciona que un sistema de producción consiste en equipos, personas y procedimientos diseñados para combinar materiales y procesos que constituyen las operaciones de manufactura de una compañía.

2.2. Procesos

Para Escobar, Guardado y Núñez [5], un proceso es un conjunto de recursos y actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en elementos de salida, con valor añadido para el cliente. De manera similar, Munstermann y Weitzel [6] logran identificar que un proceso consiste de varios subprocesos o actividades que se encuentran ordenadas de manera lógica, teniendo claramente identificadas las entradas y salidas con lo cual se intenta cumplir con un objetivo de negocios definido.

2.3. Tipos de Procesos

De acuerdo con Cantón [7], los procesos dentro de una organización pueden ser agrupados en tres tipos principales;

- **Procesos estratégicos:** Son aquellos establecidos por la alta dirección para definir cómo es que opera la organización y como debe crear valor. Componen el soporte de la toma de decisiones relacionadas con las estrategias, planificación y las mejoras desarrolladas.
- **Procesos operativos:** Son aquellos que están directamente relacionados a los bienes producidos o a los servicios que se prestan, por lo cual están orientados al cliente o usuario. Debido a que su resultado es percibido directamente por el cliente, se dice que están centrados en aportar valor. Para la ejecución de este tipo de procesos suelen intervenir varias áreas funcionales y son los que utilizan una mayor cantidad de recursos.
- **Procesos de soporte:** Son aquellos responsables de proveer a la organización de todos los recursos necesarios en cuanto a materia prima, personal y maquinaria, para poder generar el valor deseado por los clientes.

2.4. Gestión por Procesos

Según Pérez [8], una organización puede ser definida como un conjunto de procesos que se realizan simultáneamente y que están relacionados. De esta manera, todas las actividades dentro de una organización, desde la atención de una queja de cliente hasta la planificación de las compras, pueden y deben ser consideradas como procesos. Para poder operar de manera eficaz, las organizaciones tienen que identificar y gestionar un alto número de procesos interrelacionados. Así

pues, la gestión por procesos puede ser descrita como la identificación y gestión sistemática de los procesos que se realizan en una organización y en particular sus interacciones [9].

Pepper [10] caracteriza a la gestión por procesos como una disciplina que ayuda a la dirección empresarial a identificar, representar, diseñar, formalizar, controlar, mejorar y hacer más productivos los procesos de una organización para lograr la confianza de los clientes. Para Fuentes [11], la gestión por procesos busca que las empresas obtengan una mayor capacidad para aprender y crear valor, considerando las siguientes cuatro etapas;

- La identificación y secuencia de los procesos.
- La descripción de cada uno de los procesos identificados.
- El seguimiento y la medición para conocer los resultados que se obtienen.
- La mejora de los procesos con base en el seguimiento y medición.

2.5. Estandarización de Procesos

La estandarización de procesos es una de las herramientas lean más poderosas cuyo proceso es interminable debido a la constante creación y mejora de nuevos estándares. La estandarización de un proceso se basa en eliminar todas las actividades que no sean necesarias o que sean redundantes, con el objetivo de encontrar una secuencia lógica, sencilla y fácil de comprender las tareas que llevan al cumplimiento de un objetivo en particular [12].

Martínez [13] asegura que muchos de los problemas en el día a día de una empresa dedicada a la manufactura son consecuencia de la falta de estandarización de sus procesos. Algunas de las ventajas que se podría esperar al tener procesos estandarizados son;

- La creación de formas de trabajo estandarizado permiten obtener los mismos resultados cada vez que se realiza un proceso, razón por la cual se obtiene un resultado homogéneo en la calidad de los productos.
- Debido a la eliminación de operaciones innecesarias o redundantes, se evita realizar actividades que no aportan valor al producto, reduciendo así los tiempos de ciclo y costos de producción.
- La mejora continua en los estándares de los procesos genera un impacto positivo en la productividad.

En su trabajo acerca de la estandarización y optimización de los procesos productivos en un taller de maderería, Guerrero [14] aplicó un análisis basado en estudios de métodos con el cual logró estandarizar el tiempo de fabricación del producto con más demanda. Esto le permitió desarrollar un plan de incentivos que mejoró la productividad del taller en un 10%.

Otro caso de estudio donde se obtuvieron beneficios gracias a la estandarización de procesos es aquel descrito por Barón y Rivera [15], desarrollado en una microempresa dedicada a la fabricación de confecciones. El primer paso de su metodología fue estandarizar dentro del proceso de producción las características que el cliente definió como importantes y con base a las cuales se obtuvo el producto final. Algunos de los resultados más importantes fueron el aumento en la capacidad de respuesta al mercado debido a que el tiempo de procesamiento de cada pedido se redujo de 3 meses a 20 días y la reducción en 50% del tipo de telas en inventario.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de una empresa que se dedica al desarrollo de productos y servicios tecnológicos orientados al área de investigación y desarrollo, se fabrica una plataforma de pruebas para drones llamada First Flight Tester Gyroscope (FFT GYRO).

Hasta hace unos meses, el ensamble de los FFT GYRO era llevado a cabo por el proveedor encargado del maquinado de algunas de las piezas de la estructura, pero debido a una queja proveniente por uno de los clientes finales, se decidió que el ensamble se empezaría a realizar dentro de la misma empresa para así tener un mayor control sobre la calidad del producto.

Al realizar el primer ensamble de un FFT GYRO tras haber hecho este cambio, se observó que más de la mitad de las piezas maquinadas por el proveedor tenían errores en las dimensiones de algunas de sus características, lo que imposibilitó seguir con el proceso de ensamble y ocasionó un retraso de 2 semanas en la fecha final de entrega al cliente. De igual manera, el material utilizado para formar la estructura de la plataforma contaba con rebaba y filos a lo largo de todo su contorno, lo cual generó la necesidad de retrabajar la totalidad de las piezas. Estos problemas no se detectaron cuando las piezas fueron recibidas sino que se identificaron una vez empezado el ensamble. El proveedor argumenta que estas características en las piezas nunca le fueron exigidas y la empresa no tiene evidencia para respaldar que si lo fueron, razón por la cual no se puede incurrir a sancionarlo.

Los únicos dentro de la empresa con el conocimiento de la secuencia de armado del FFT GYRO son el director general y el director de negocios, pero aun cuando ellos mismos realizan el proceso de ensamble, suelen cometerse errores tales como; utilización de tornillería equivocada, uso incorrecto de las herramientas, ensamble incorrecto de las piezas y omisión de pasos. Esto ocasiona pérdidas de tiempo debido a que los errores tienen que ser corregidos para no comprometer el funcionamiento de la plataforma.

Se espera que para el cuarto trimestre del año la demanda del FFT GYRO aumente a por lo menos 3 modelos por mes. El director general y director de negocios no cuentan con el tiempo suficiente para realizar las actividades propias de sus puestos y auxiliar en el ensamble de las plataformas, pero tampoco existe personal entrenado en el proceso ni procedimientos que indiquen la secuencia.

4. METODOLOGÍA

Para poder dar solución a las problemáticas que surgen dentro de la empresa a causa de la falta de estandarización en los procesos de su sistema de producción para la fabricación de la plataforma de pruebas FFT GYRO, se desarrolló una metodología basada en el enfoque de gestión por procesos (Figura 1).

Las primeras dos etapas están basadas en la forma en que Guerrero [14] y Chávez [17] realizan la descripción de la situación actual y el levantamiento de procesos en sus investigaciones acerca de la estandarización de procesos.

De manera similar, la tercera etapa es el resultado de una combinación de los métodos de evaluación de procesos de Escobar, Guardado y Núñez [5] y el procedimiento para creación de mapas de procesos de Alarcón y Alarcón [18].

Debido a la necesidad de aplicar una perspectiva más amplia y profunda durante el proceso de investigación, el tipo de enfoque utilizado es de naturaleza mixta. De esta manera el objeto de estudio es caracterizado mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para enriquecer y expandir su entendimiento. Se hace uso de características de la investigación cualitativa para tener una inmersión inicial en el campo y entender el entorno donde se llevara a cabo el estudio, se identifican informantes que puedan aportar datos y guíen la investigación mediante la aplicación entrevistas abiertas, revisión de documentos y discusiones en grupo. De igual manera, se aprovecha el trabajo estructurado del enfoque cuantitativo para el diseño del proceso de estandarización y el seguimiento de reglas lógicas que permitan encontrar estándares de validez y confiables.

Al inicio de la investigación se emplea un alcance exploratorio con el objetivo de indagar información acerca de los problemas, conceptos y características principales de la empresa, seguido por la aplicación del alcance descriptivo para describir la situación y contexto de la estandarización previo a la aplicación del método desarrollado. A continuación se describe cada una de las 4 etapas de la metodología.



Figura 1 Etapas de la propuesta de solución.

4.1. Análisis de la Organización

El objetivo principal de esta etapa es familiarizarse con el entorno donde se presenta la problemática y lograr identificar las características generales de la empresa. Mediante el desarrollo de varias actividades, se busca tener una primera aproximación a las condiciones que el personal de la organización identifica como oportunidades de mejora. Estas actividades son;

- Formación del equipo de trabajo: Para que los resultados del análisis inicial de la empresa sean lo más objetivos posibles, se debe crear un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por integrantes de los diferentes departamentos que sean capaces de facilitar los datos requeridos. El equipo debe cumplir con las siguientes características;
 - a) Debe contar con un coordinador general que será la persona a cargo de liderar el proceso de levantamiento de información.
 - b) Debe contar con un miembro perteneciente al equipo gerencial de la empresa que funja como enlace entre el equipo de trabajo y el equipo gerencial.
 - c) Debe estar conformado por al menos un miembro de cada departamento de la organización.
 - d) Por lo menos uno de los miembros debe estar familiarizado con el enfoque de gestión por procesos
- Recopilación de información: Se deben realizar visitas frecuentes a la empresa con el objetivo de familiarizarse con el entorno donde se presenta la problemática y se deberán generar observaciones de las diferentes actividades que se llevan a cabo. Toda observación e información que se considere útil debe ser documentada para posteriormente ser analizada. Además, se puede aplicar un cuestionario a los miembros del equipo que contenga preguntas cuyas respuestas permitan identificar aspectos generales de la organización y una vista general de los procesos que la componen.
- Descripción general de la organización: Haciendo uso de la información obtenida mediante el registro de observaciones y cuestionarios, se debe realizar una síntesis que describa los siguientes aspectos;

- a) Departamentos que conforman a la empresa y sus funciones.
- b) Cantidad de personal por departamento y sus actividades.
- c) Tipos de productos y/o servicios ofertados.
- d) Mercado objetivo/clientes,
- e) Misión y visión de la organización.

Es importante que durante el análisis de la información se logre identificar las áreas principales que conforman a la empresa y los procesos que son ejecutados en cada una de ellas.

4.2. Diagnóstico de la Estandarización

Consiste en evaluar el estado inicial de la estandarización en los procesos que conforman a la organización y que fueron identificados en la etapa anterior, con el objetivo de detectar posibles oportunidades de mejora. Esta etapa está compuesta por las siguientes actividades;

- Delimitación del alcance: Antes de iniciar con el diagnóstico es necesario definir si existe alguna delimitación establecida previamente por la organización o por la persona llevando a cabo la investigación. Es posible que el diagnóstico sea enfocado a procesos estratégicos, operativos, de soporte o algún otro proceso en específico.
- Identificación de procesos, personal y actividades: Se debe realizar una descripción de los procesos identificados, para ello, se deben enlistar los procesos junto con el responsable de su ejecución y las actividades necesarias para se realicen de manera correcta.
- Revisión del cumplimiento de procesos bien gestionados: Para cada uno de los procesos descritos se debe aplicar una evaluación del cumplimiento de las características de un proceso bien gestionado de Pérez [8] (ver Tabla 1). Con ello, se puede identificar cuales procesos son los que cuentan con un menor y mayor grado de estandarización. Para ello, primero es necesario definir una escala de calificación y un parámetro cualitativo de cumplimiento a través de rangos.
- Análisis de los resultados: Se debe analizar la información obtenida tras la evaluación y detectar el estado de la estandarización previo a la mejora.

Tabla 1 *Características de un proceso bien gestionado.*

Tener bien identificados a los clientes y a los proveedores del proceso.
Tener una misión claramente definida.
Disponer de objetivos cuantitativos y cualitativos, así como indicadores que midan el grado de cumplimiento.
Tener una persona responsable del proceso, por tanto, que lo controle.
Tener límites concretos de principio y fin.
Disponer de recursos y de la tecnología de la información necesaria para poder realizarse.
Incorporar un sistema de medidas de control.
Mínimos puntos de control, revisión y espera.
Estar bajo control estadístico, es decir, sin variabilidad debida a causas especiales.
Estar normalizado y documentado
Mostrar las interrelaciones con otros procesos internos y del cliente.
Contribuir al desarrollo de ventajas competitivas propias, sostenibles y duraderas.
Ser lo más sencillo y fácil de realizar posible.

4.3. Desarrollo del Método de Estandarización

En esta etapa se busca aplicar el enfoque de gestión por procesos para clasificar y catalogar los diferentes procesos de la empresa y encontrar la forma en la que estos interactúan entre sí. De esta manera, se logran identificar los procesos críticos que requieren de estandarización. Sus actividades son:

- Aplicación del enfoque de gestión por procesos: El equipo debe identificar los procesos estratégicos, operativos y de soporte. La identificación y selección de los procesos debe surgir de una reflexión acerca de las actividades que se desarrollan dentro de la empresa y de cómo estas se orientan al cumplimiento de resultados. Para llevar a cabo la identificación se puede aplicar técnicas de tormenta de ideas o dinámica de equipos de trabajo pero en cualquiera de los casos, es importante destacar la necesidad de la participación de los líderes de la organización.
- Codificación y catálogo de procesos: Se debe realizar un catálogo de los procesos clasificados en la actividad anterior. Para ello, se debe desarrollar una nomenclatura con la cual se codificarán los procesos.
- Secuencias e interacciones entre los procesos: Una vez efectuada la identificación, agrupación y codificación de los procesos, se debe definir y reflejar su estructura en forma que facilite la determinación e interpretación de las interrelaciones existentes entre los mismos. Para ello, se debe crear un mapa de procesos. El nivel de su detalle dependerá del tamaño de la propia organización y de la complejidad de las actividades identificadas.
- Selección de procesos críticos: No todos los procesos identificados podrán ser estandarizados al mismo tiempo, por ello, es necesario que se concentren y prioricen los esfuerzos de mejora en los procesos considerados como críticos. Para identificar estos procesos críticos, se puede utilizar una evaluación por pesos ponderados realizando lo siguiente;
 - a) Definir las características a evaluar y asignarles un peso (en % y que su suma sea 100%).

- b) Establecer una escala de puntuación y grado de cumplimiento.
- c) Evaluar cada uno de los procesos catalogados según las características definidas y sumar la puntuación total por proceso.
- Elaboración de procedimientos: Para los subprocesos de cada proceso crítico identificado se debe crear un procedimiento que contenga; objetivo, alcance, definiciones, documentos de referencia, instrucciones detalladas, responsabilidades e historial de revisiones.
- Elaboración de fichas de proceso; Para los procesos críticos identificados se debe crear una ficha de proceso que contenga; nombre del proceso, propietario del proceso, misión u objetivo, documentación asociada, alcance, entradas y proveedores, salidas y clientes, recursos e indicadores del proceso y su fórmula.

4.4. Mejora de los Procesos

Después de haber elaborado las fichas de proceso y procedimientos, el equipo de trabajo deberá decidir si es necesario desarrollar alguna otra mejora que impacte positivamente en los procesos críticos identificados

5. RESULTADOS

En esta sección se muestran y describen los resultados obtenidos tras haber aplicado la metodología descrita anteriormente en una empresa desarrolladora de tecnología que fabrica plataformas de prueba para drones a lo largo de un periodo de 9 meses.

5.1. Análisis de la Organización

Debido a que la empresa es una PyME con solo 4 empleados (dos miembros del equipo gerencial, uno en ventas y otro en producción), se consideró que lo más adecuado sería integrarlos a todos dentro del equipo. De esta manera, el puesto de coordinador general cuya función es liderar el proceso de levantamiento de información sería responsabilidad de la persona llevando a cabo la investigación, además de que sería el miembro que cuenta con conocimientos acerca del enfoque de gestión por procesos. El director general y director de negocios se integraron al equipo de trabajo como representantes del equipo gerencial de la empresa. De igual manera, los empleados encargados del departamento de ventas y producción se integraron como representantes de los diferentes departamentos de la organización.

A lo largo de dos meses se utilizó un formato de registro de observaciones para documentar toda la información que se consideraba relevante, la captura de las observaciones se realizaba de manera electrónica debido a la facilidad de administración por ese medio. Además, otra fuente de información importante fue un cuestionario que se aplicó a los miembros del equipo. Este cuestionario contenía preguntas tales como;

- ¿Cuál es la descripción básica de la organización?
- ¿La empresa cuenta con una misión y visión?
- ¿Cuántas personas trabajan en la empresa?
- ¿Cuáles son los productos y/o servicios ofertados?
- ¿Cuáles son los departamentos que conforman a la empresa y cuál es su función?
- ¿Cuentan con formatos para controlar los recursos y la producción?
- ¿Cuál es la secuencia de procesos llevada a cabo por el departamento a cargo durante la fabricación de los productos?
- ¿Quién es el personal involucrado en estos procesos?

Haciendo uso de la evidencia recabada, se logró identificar que la empresa nació con el propósito de brindar apoyo a especialistas que deseen implementar una solución tecnológica a problemas en sus áreas de especialidad. Su misión es desempeñar investigación y desarrollo de aplicaciones de nuevas tecnologías que mejoren la calidad de vida de las personas, en la investigación o en la industria, aplicando conocimientos de robótica, electrónica y control. El producto principal ofertado por la empresa es una plataforma de pruebas para drones conocida como FFT GYRO (Figura 2). Es un dispositivo en el cual se pueden sujetar diferentes tipos de drones para realizar las primeras pruebas de vuelo de manera segura y eficiente. El dispositivo ayuda a tener un mejor entendimiento de la dinámica de este tipo de aeronaves, lo cual permite que la implementación de nuevos algoritmos de control de vuelo sea más rápida y menos costosa.

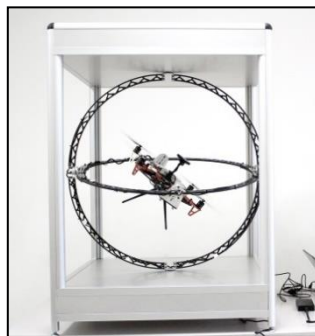


Figura 2 Plataforma FFT GYRO [16].

Debido a la baja cantidad de empleados dentro de la empresa, algunos de ellos realizan actividades pertenecientes a otros departamentos. En la Tabla 2 se muestran los diversos procesos que fueron identificados por departamento.

Tabla 2 Registro de áreas y sus procesos.

Formato para registro de áreas			
Administración	Comercial	Producción	Ingeniería
Análisis anual de desempeño de la empresa	Promoción de producto ofrecido	Estimación de cantidad de materia prima	Investigación en nuevas tecnologías
Establecimiento de objetivos estratégicos	Negociación con clientes	Recepción de material	Análisis de cambios estructurales en plataforma
Búsqueda de proveedores de materias primas	Seguimiento a prospectos	Ensamble de estructura	Estudios estructurales
Búsqueda de empresas del mismo sector	Manejo de redes sociales	Ensamble de soporte de dron (base cuad)	Desarrollo de nuevos productos
Seguimiento de alianzas	Revisión de las necesidades del cliente	Unión de estructura y soporte	Diseño según especificaciones del cliente
Realización de cotizaciones	Elaboración de rutas de envío	Ensamble eléctrico	Soporte técnico
Negociación de proveedores	Entrega de producto al cliente verificación de recepción	Pruebas eléctricas	
Tramites de importación/exportación	Preparación de facturas del producto terminado	Administración de inventarios	
Adquisición de nuevos equipos		Subcontratación de servicios de maquinado	
Administración del capital de trabajo		Retrabajos	
Gestión de flujos de efectivo		Embalaje	

5.2. Diagnóstico de la Estandarización

Durante las primeras visitas realizadas previo al diagnóstico inicial, el personal de la empresa describió su principal problemática la cual estaba relacionada con la recepción y utilización de componentes maquinados fuera de especificación por proveedores. Debido a la naturaleza de la problemática, la empresa estaba más interesada en que el diagnóstico de la estandarización se aplicara a los procesos relacionados con los servicios de maquinado por proveedor y recepción de materia prima. Fue por ello que el alcance del diagnóstico se limitó a ser aplicado a solo los procesos del área de producción mostrados en la Tabla 2.

Para poder tener un mejor entendimiento del alcance de los procesos de producción, fue necesario describir más detalladamente las actividades que se realizan por proceso así como definir quién es el responsable del cumplimiento de todos sus requisitos (ver Tabla 3).

Tabla 3 Registro de procesos y actividades.

Área	Proceso	Personal involucrado	Actividades principales realizadas
Producción	Estimación de cantidad de materia prima	CTO	Revisión de especificaciones de la orden de fabricación Estimación de cantidad de material necesario
	Recepción de material	CTO	Revisión de factura contra materia prima recibida Acomodo de la materia prima
	Ensamble de estructura	Ensamblador	Preparación del material Ensamble de estructura externa
	Ensamble de soporte de dron	Ensamblador	Ensamble/unión de las piezas del soporte
			Subensamble del primer anillo
			Subensamble del segundo anillo
			Ensamble de base cuad, primer anillo y segundo anillo
	Ensamble de soporte de dron a estructura	Ensamblador	Ajuste de baleros
			Montado de soporte dentro de estructura
			Revisión del movimiento del soporte
	Ensamble eléctrico	Ensamblador electrónico	Colocación y medición de cables dentro del equipo
			Corte de cable
			Prensado de terminales
			Recubrimiento
	Prueba eléctrica	Ensamblador eléctrico	Ensamble de conectores
	Administración de inventarios	CTO	Revisión de lecturas en software
			Revisión de niveles de inventario
			Preparación de material para orden
	Subcontratación de servicios de servicios de maquinado	Diseñador	Solicitar material faltante a comprar
			Identificación de proveedores de maquinado
Solicitar cotizaciones de fabricación			
Envío de modelos 3d de las piezas a fabricar			
Retrabajos	Ensamblador	Soporte y consultoría a proveedores de maquinados	
		Ajuste de baleros	
Embalaje	Ensamblador	Rectificado de piezas	
		Ajuste fino en componentes	
		Fijado de anillos internos	
		Empleado general	
			Envío a proveedor de embalaje

Una vez identificados y descritos los procesos de producción, se especificaron los niveles para calificar el cumplimiento de las características de procesos bien gestionados. El equipo decidió utilizar la escala preestablecida utilizada por Escobar, Guardado y Núñez [5] que se muestra en la Tabla 4. En esta escala, las características evaluadas con valores de 1 al 4 tienen un grado de cumplimiento bajo o medio bajo, mientras que para los valores 5 al 7 se tiene un cumplimiento medio alto o alto. De esta manera, se consideró que una característica no se cumplía si su valor asignado era 1-4 y sí se cumplía en caso de ser 5-7.

Tabla 4 Niveles de calificaciones a utilizar.

Nivel	Descripción	Grado de Cumplimiento
1	No se cumple	Bajo
2	Se cumple con deficiencia	
3	Se cumple insatisfactoriamente	Medio bajo
4	Se cumple no completamente	
5	Se cumple aceptablemente	Medio alto
6	Se cumple en alto grado	
7	Se cumple plenamente	Alto

Para cada uno de los 11 procesos de producción se evaluaron las 13 características de los procesos bien gestionados según la escala ya definida en la Tabla 1. En la Tabla 5 se muestran los procesos ordenados de mayor a menor según su porcentaje de cumplimiento. Todos los procesos (a excepción del de subcontratación de servicios de maquinado) cumplían 3 de las características de evaluación; se tenía bien identificados a los clientes y a los proveedores del proceso, se contaba con una persona responsable capaz de controlarlo y se disponía de los recursos e información necesarios para poder realizarlos. Sin embargo, todos ellos no cumplían en contar con objetivos ni indicadores que ayudaran a medir su desempeño, les hacían falta medidas de control, no se contaba con un control estadístico y constantemente se presentaban causas de variación especiales dentro de ellos, no contaban con documentación ni era posible identificar las interrelaciones con otros procesos internos.

Uno de los procesos con menor grado de cumplimiento fue el de subcontratación de servicios de maquinado debido a que no se tenía claramente definidos controles ni indicadores para su monitoreo, no existía ningún tipo de documentación ni registro por lo cual los miembros del equipo lo consideraban como fuera de control. Estas observaciones son congruentes con lo descrito en la problemática debido a que la falta de algún tipo de documento que contuviera objetivos cuantitativos o cualitativos de la calidad o dimensiones de las piezas, resultaba en la fabricación, recibo, utilización y retrabajo de piezas fuera de dimensión.

Tabla 5 Porcentaje de cumplimiento por proceso.

Área	Proceso	% de cumplimiento
Producción	Embalaje	69%
	Ensamble de estructura	62%
	Ensamble de soporte de dron	62%
	Unión de estructura y soporte	46%
	Pruebas eléctricas	46%
	Ensamble eléctrico	46%
	Estimación de cantidad de materia prima	46%
	Subcontratación de servicios de maquinado	38%
	Administración de inventarios	38%
	Retrabajo	31%
	Recepción de material	31%

5.3. Desarrollo del método de estandarización

Se realizaron actividades de tormenta de ideas y dinámicas en equipo para asociar los procesos con las categorías de procesos estratégicos, operativos y de soporte. Durante estas actividades se detectó que los procesos de la Tabla 2 pueden ser categorizados como subprocesos interrelacionados que conforman una serie de nuevos procesos que se nombraron e identificaron con la ayuda del equipo de trabajo. En la Tabla 6 (a) se muestran las clasificaciones resultantes.

La empresa no contaba con ninguna instrucción de trabajo o lineamiento donde se establezca reglas acerca de la nomenclatura a utilizar para nombrar archivos, documentos o procesos. Por esta razón, se decidió utilizar la siguiente nomenclatura en los procesos de la Tabla 6 (a), teniendo como resultado lo mostrado en la Tabla 6 (b); PE para los procesos estratégicos, PO para procesos operativos y PS para procesos de soporte.

Para facilitar la determinación e interpretación de las interrelaciones existentes entre los procesos, se realizó un mapa de procesos mostrado en la Figura 3. Se observa que las entradas a los procesos estratégicos, operativos y de soporte son las necesidades y expectativas del cliente al igual que los productos e información por parte de proveedores y partes interesadas. Como resultado de la interacción de los procesos se esperaba que las salidas obtenidas fuesen la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente al igual que el cumplimiento con los proveedores y partes interesadas.

Tabla 6 Procesos estratégicos, operativos y de soporte (a), procesos codificados (b)

Clasificación	Procesos	Subprocesos
Operativos	Ventas	Promoción de producto ofrecido
		Seguimiento a prospectos
		Manejo de redes sociales
		Negociación con clientes
		Requisición de cotizaciones
	Compras	Negociación con proveedores
		Adquisiciones
		Tramites de importación
		Administración de inventarios
	Subcontratación de servicios	Subcontratación de servicios de maquinado
	Planificación	Revisión de las necesidades del cliente
		Estimación de cantidad de materia prima
		Diseño según especificaciones del cliente
		Recepción de material
	Ensamble	Ensamble de estructura
Ensamble de soporte de drone		
Unión de estructura y soporte		
Ensamble eléctrico		
Pruebas eléctricas		
Logística de envío	Retrabajos	
	Embalaje	
De soporte	Gestión del talento humano	Subcontratación de servicios de transporte
		Subcontratación de servicios de exportación
	Gestión financiera	Inducción de personal
Estratégicos	Planeación estratégica	Capacitación del personal
		Administración del capital de trabajo
		Gestión de flujos de efectivo
	Alianzas con proveedores y empresas del rubro	Análisis anual de desempeño
		Establecimiento de objetivos estratégicos
		Búsqueda de proveedores de materia prima
		Seguimiento de alianzas
	Investigación y desarrollo	Búsqueda de empresas del mismo sector
		Investigación de nuevas tecnologías
		Análisis de cambios estructurales en plataforma
		Estudios estructurales
		Desarrollo de nuevos productos
	Marketing	Subcontratación de servicios de marketing
		Determinar mercado objetivo
		Determinar estrategias para alcanzar mercado objetivo

PROCESOS ESTRATÉGICOS		
PE-01	Planeación estratégica	
	PE-01.1 Análisis anual de desempeño de la empresa	
	PE-01.2 Establecimiento de objetivos estratégicos	
PE-02	Alianzas con proveedores y empresas del rubro	
	PE-02.1 Búsqueda de proveedores de materias primas	
	PE-02.2 Búsqueda de empresas del mismo sector	
PE-03	Investigación y desarrollo	
	PE-03.1 Investigación en nuevas tecnologías	
	PE-03.2 Análisis de cambios estructurales en plataforma	
	PE-03.3 Estudios estructurales	
PE-04	Marketing	
	PE-04.1 Servicios de marketing	
	PE-04.2 Determinar mercado objetivo	
PE-04.3	Determinar estrategias para alcanzar el mercado objetivo	
	PROCESOS OPERATIVOS	
	PO-01	Ventas
PO-01.1 Promoción de producto ofrecido		
PO-01.2 Negociación con clientes		
PO-01.3 Seguimiento a prospectos		
PO-02	Compras	
	PO-02.1 Realización de cotizaciones	
	PO-02.2 Negociación de proveedores	
	PO-02.3 Tramites de importación	
PO-03	Subcontratación de servicios	
	PO-03.1 Subcontratación de servicios de maquinado	
	Planificación	
PO-04	PO-04.1 Revisión de las necesidades del cliente	
	PO-04.2 Estimación de cantidad de materia prima	
	PO-04.3 Diseño según especificaciones del cliente	
	Ensamble	
PO-05	PO-05.1 Recepción de material	
	PO-05.2 Ensamble de estructura	
	PO-05.3 Ensamble de soporte de drone	
	PO-05.4 Unión de estructura y soporte	
	PO-05.5 Ensamble eléctrico	
	PO-05.6 Pruebas eléctricas	
	PO-05.7 Retrabajos	
PO-06	Logística de envío	
	PO-06.1 Embalaje	
	PO-06.2 Contratación de servicios de transporte	
PO-06.3	Contratación de servicios de exportación	
	PROCESOS DE SOPORTE	
	PS-01	Gestión del talento humano
PS-01.1 Inducción de personal		
PS-01.2 Capacitación del personal		
PS-02	Gestión financiera	
	PS-02.1 Administración del capital de trabajo	
PS-02.2	Gestión de flujos de efectivo	

En la sección de procesos operativos se muestra como el proceso de ventas está vinculado a la negociación con los clientes y al levantamiento de pedidos. Esta información es recibida por el proceso de planificación donde se revisan las necesidades de los clientes y se realiza la estimación de cantidad de materia prima (son los subprocesos, no se detallaron en el mapa de procesos). Estos datos, junto con aquellos generados por el proceso de compras son la entrada del proceso de ensamble. El equipo de trabajo decidió que sería conveniente aplicar un mayor nivel de detalle al proceso de ensamble de la plataforma debido a que son los procesos que mayor valor agregan al producto, además que contienen a dos de los que menor grado de estandarización obtuvieron durante la evaluación del porcentaje de cumplimiento de las características de procesos bien gestionados.

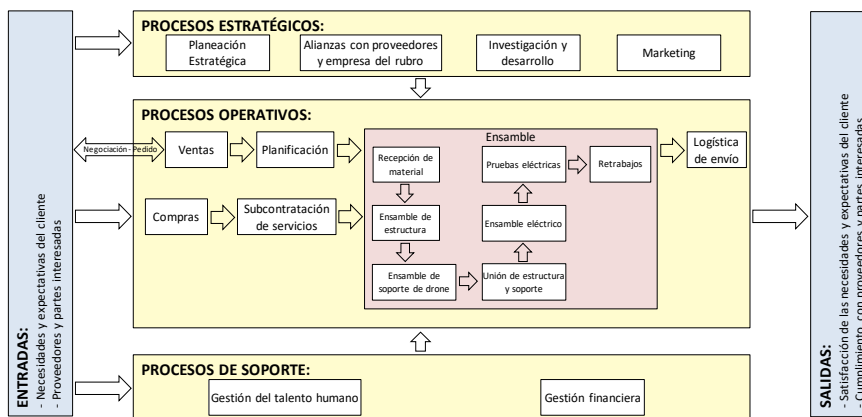


Figura 3 Mapa de procesos.

Los directivos de la empresa estaban más interesados en estandarizar los procesos relacionados a los servicios de maquinado y recepción de materia prima. Para validar esta directriz y respaldar la decisión, fue necesario identificar procesos críticos que influyen directamente en los objetivos organizacionales. Por ello, el equipo de trabajo decidió que las características a evaluar serian aquellas que suelen impactar negativamente en el desempeño de la empresa. Estas características y sus pesos para la evaluación son: Suelen generar retrasos en los tiempos de entrega (35%), suelen generar gastos innecesarios (30%), tienen un impacto directo en el nivel de valor agregado del producto (25%) y no cuentan con una estructura definida, por lo cual suelen realizarse de manera desordenada (10%). Añadido a esto, se decidió que el grado de cumplimiento y su puntuación seria: Alto de 8 a 10 puntos, medio de 5 a 7 puntos, poco de 1 a 4 puntos y nulo si es 0 puntos. La Tabla 7 muestra el resultado de haber evaluado los procesos estratégicos, operativos y de soporte según el grado de cumplimiento definido anteriormente. La puntuación asignada a cada

proceso es el resultado del consenso del equipo de trabajo. En la parte inferior de la tabla (renglón total final) se puede observar que casi todos los valores ponderados son pequeños, a diferencia de los procesos de compras PO-02, subcontratación de servicios PO-03 y ensamble PO-05. Estos tres obtuvieron un valor de 8.6, 9.2 y 9.2 respectivamente, por lo cual el equipo de trabajo decidió definirlos como los procesos críticos actuales de la organización.

Los resultados de la evaluación demostraron que la delimitación establecida por la empresa si cuenta con fundamento debido a que la subcontratación de servicios de maquinado (PO-03.1) y la recepción de materia prima (PO-05.1) son subprocesos de los procesos identificados como críticos. Como parte de la estandarización de los procesos PO-02 y PO-05 se realizaron fichas de proceso, mientras que para los subprocesos PO-03.1 y PO-05.1 se elaboraron procedimientos.

Tabla 7 Registro de la evaluación.

Característica	Peso	Procesos																							
		PE-01		PE-02		PE-03		PE-04		PO-01		PO-02		PO-03		PO-04		PO-05		PO-06		PS-01		PS-02	
		Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total	Calif.	Total
Suelen generar retrasos en los tiempos de entrega	35%	0	0.0	1	0.4	1	0.4	0	0.0	0	0.0	9	3.2	10	3.5	4	1.4	9	3.2	4	1.4	0	0.0	0	0.0
Suelen generar gastos innecesarios	30%	0	0.0	1	0.3	3	0.9	3	0.9	2	0.6	9	2.7	9	2.7	2	0.6	9	2.7	3	0.9	0	0.0	1	0.3
Tienen un impacto directo en el nivel de valor agregado del producto.	25%	3	0.8	6	1.5	8	2.0	7	1.8	1	0.3	8	2.0	9	2.3	7	1.8	10	2.5	6	1.5	1	0.3	1	0.3
No cuentan con una estructura definida, por lo cual suelen realizarse de manera desordenada	10%	5	0.5	2	0.2	3	0.3	3	0.3	4	0.4	7	0.7	7	0.7	3	0.3	8	0.8	4	0.4	5	0.5	4	0.4
Total Final	100%	1.3	2.4	3.6	3.0	1.3	8.6	9.2	4.1	9.2	4.2	0.8	1.0												

El bajo nivel de estandarización dentro de la empresa era una de las consecuencias de no documentar las actividades o información importante de sus procesos. Por esta razón, la empresa no contaba con ningún procedimiento ni se tenía el formato necesario para crearlos. Considerando lo anterior, se creó un primer procedimiento estándar que sería la guía a seguir para la documentación de procedimientos en cualquier departamento de la empresa. Algunos de los puntos que se definen son;

- Se especifica el nombre de la plantilla que se deberá utilizar para la creación de todo procedimiento.
- Se establece la forma en que se deberá gestionar las fechas de emisión y/o revisiones.
- Se establece la nomenclatura para nombrar procedimientos.
- Se explica cómo deberán ser gestionados los formularios, formatos o anexos según la nomenclatura definida y el control de revisiones.
- Se menciona como deberán ser sometidos a aprobación.
- Se enlistan las responsabilidades de todo el personal relacionado con las actividades descritas. Se utilizó el formato de este nuevo de procedimientos para crear los procedimientos para la subcontratación de servicios de maquinado y recepción de materia prima (ver Figura 4). Para el primero de estos, se aclara la siguiente información;
- Se especifica cuando se deberá llevar a cabo la subcontratación de los servicios de maquinado.
- Se establece cuando y quien es la persona con la facultad de decidir cuándo y con quien se mandan a maquinar las piezas.
- Se establece que siempre que se requiera una cotización, el director de negocios hará llegar al proveedor un plano con las especificaciones dimensionales de las piezas y características deseadas en sus materiales.
- Se define cual será la plantilla para crear los planos de las piezas.

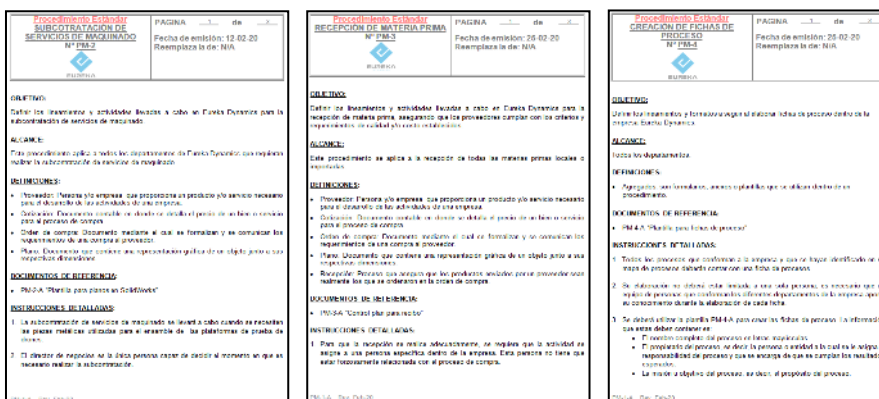


Figura 4 Extracto de los procedimientos creados.

Para el procedimiento de recepción de materia prima, algunos de los puntos establecidos son;

- Se define quien es la persona encargada de realizar la recepción del material.

- Se especifica cuáles serán los pasos para inspeccionar el estado de la materia prima al ser recibida (cantidad, peso, calidad, precio etc.).

Antes de crear las fichas de proceso para los procesos de compras y ensamble, se creó un tercer procedimiento que contiene los lineamientos para la creación de fichas de proceso. Algunos de los puntos que se establecen son los siguientes;

- Todos los procesos que conforman a la empresa y que se hayan identificado en su mapa de procesos deberán contar con una ficha de procesos.
- Un equipo conformado por miembros de los diferentes departamentos de la empresa deberá ayudar en su elaboración.
- Se especifica el formato a utilizar, la nomenclatura y la forma en que se deberá gestionar las revisiones.

5.4. Mejora de los procesos

La mejora que se implementó estuvo enfocada a atacar la problemática de la fabricación de piezas mal maquinadas, y por ende, de su recepción. Por ello, para cada una de las piezas de aluminio que componen a la plataforma de pruebas se le realizó un plano que especifica las dimensiones exactas de sus características y sus tolerancias permisibles. Estos planos contienen; el nombre de la pieza y el número de registro del plano, la escala utilizada, el tipo de material que se debe utilizar para fabricar las piezas y los acabados que estas deben de tener, nombre de la persona que dibuja el plano, de la persona que lo revisa y de quien lo aprueba, acompañado de las respectivas fechas en que sucedió, el tipo de unidades que se maneja en las dimensiones, en caso de que las tolerancias no se muestren explícitamente en las dimensiones del dibujo, en los planos se incluye una sección donde se especifican las tolerancias a manejar según el número de cifras significativas de la dimensión.

Anteriormente, para requerir la fabricación de las piezas solo se le mandaba al proveedor un archivo con el sólido de la pieza en SolidWorks. De esta manera, la interpretación de todas las sus características quedaba en manos del proveedor, lo cual generaba errores dimensionales durante su fabricación por diversas causas. El nuevo procedimiento establece que cada vez que se vayan a fabricar piezas, se le debe entregar al proveedor el plano de la pieza con las dimensiones y tolerancias requeridas, los cuales son el resultado de la mejora. En la Figura 5 se muestran dos de los planos creados

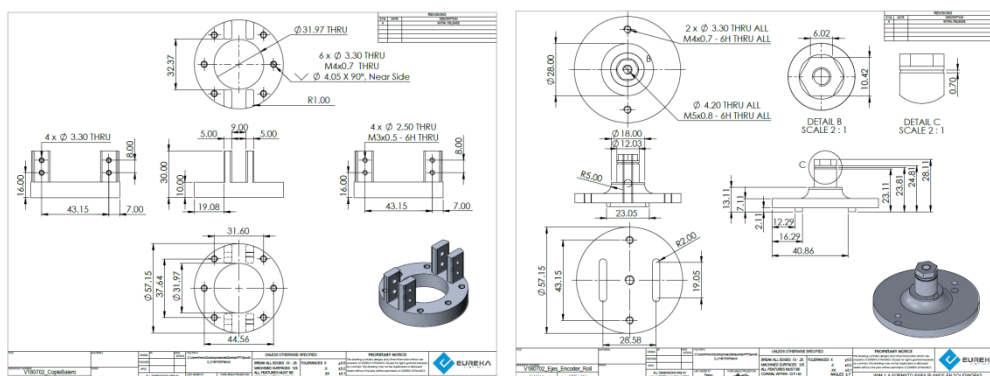


Figura 5 Ejemplo de planos realizados.

6. CONCLUSIONES.

La aplicación de la metodología de 4 etapas basada en el enfoque de gestión por procesos permitió identificar y estandarizar los elementos claves de los procesos identificados como críticos dentro de la PyME dedicada al desarrollo de tecnología.

Los resultados de la implementación de la primera etapa proporcionaron una descripción inicial de las características del entorno donde se presentaba la problemática. Se logró identificar la necesidad de aplicar acciones de mejora a los procesos relacionados a la fabricación de piezas con proveedor y a la recepción de materia prima debido a que en alguna etapa de estos procesos no se contaba con controles para prevenir la fabricación y utilización de componentes defectuosos, lo cual generaba las problemáticas descritas.

De manera similar, los resultados de la segunda etapa donde se realizó el diagnóstico de la estandarización de los procesos de producción demostraron que el porcentaje de cumplimiento de las características de los procesos bien gestionados era muy bajo en la mayoría de los casos. De entre los más bajos, resaltó la necesidad de mejorar el proceso de subcontratación de servicios de maquinado pues solo se obtuvo un cumplimiento del 38%. Esta situación era congruente con las necesidades declaradas por el personal de la empresa debido a que si no se tiene un control en la subcontratación del maquinado de las piezas, es muy probable que estas sean enviadas con

defectos a la empresa y sean recibidas así, lo cual genera la necesidad de aplicar retrabajos (ambos procesos que también tenían un bajo porcentaje de cumplimiento).

Al aplicar la tercera etapa de la metodología se demostró que el enfoque de gestión por procesos es capaz de mostrar las interrelaciones de los procesos dentro de una organización, lo cual permitió detectar procesos de interés. En el caso de esta investigación, se aplicó un método basado en pesos ponderados para identificar cuáles de los procesos estratégicos, operativos o de soporte eran considerados como críticos según los criterios definidos por la organización. Al igual que en la etapa anterior, los resultados mostraron que los procesos críticos que requerían de estandarización eran los de subcontratación de servicios de maquinado, compras y ensamble. Como medidas de estandarización, se creó un primer procedimiento que contiene los lineamientos para la creación de procedimientos y otro para la creación de fichas de proceso. Haciendo uso de estos formatos, se creó un procedimiento para los subprocesos subcontratación de servicios de maquinado y recepción de materia prima, mientras que para los procesos de compras y ensamble se crearon fichas de proceso.

Para la cuarta etapa de mejora de procesos de la metodología, se utilizó un formato de planos creado con los apartados necesarios para garantizar que el proveedor que reciba ese plano, no tenga duda alguna en las características dimensionales o propiedades físicas de las piezas que se le está requiriendo fabricar. Esto, junto con las directrices establecidas en los procedimientos creados, permiten la gestión de la organización en general, abarcando sus actividades de abastecimiento y la subcontratación de servicios de maquinado.

7. REFERENCIAS.

- [1] López, J., (2012). *Productividad*. Palibrio. Bloomington.
- [2] González-Rosas, A.; Millán-Franco, C.; Marroquín-Espinosa, K.; Miranda-Gómez, J., (2014). "Importancia de la Estandarización del Proceso Productivo en una MiPyme". *Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*, 6(4), pp.600-604.
- [3] Velázquez, G., (2008) *Administración de los Sistemas de Producción*. 6ª ed. Limusa. México.
- [4] Groover, M., (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. McGraw-Hill. México.
- [5] Escobar, A.; Guardado, C.; Núñez, E., (2014). "Consultoría Sobre Estandarización de los Procesos de Producción con Establecimiento de un Sistema de Costos, Para la Empresa Agroindustrias Buenavista". Tesis de maestría, Universidad de el Salvador, San Salvador.
- [6] Munstermann, B.; Weitzel, T., (2008). "What is Process Standardization?". *International Conference on Information Resource Management*, 2008(5), pp.64-82.
- [7] Cantón, I., (2010). "Introducción a los Procesos de Calidad". *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(5), pp.4-18.
- [8] Pérez, J., (2004). *Gestión por Procesos*. 1ª ed. ESIC Editorial. Madrid.
- [9] Ministerio de Fomento. "La Gestión por Procesos". [en línea]. Disponible en: <https://www.fomento.es/NR/rdonlyres/9541ACDE-55BF-4F01-B8FA-03269D1ED94D/19421/> [20 de Mayo de 2020] (s.f.)
- [10] Pepper, S., (2017). "Definition of Process Management". [en línea]. Disponible en: www.mednet.cl/link.cgi/Medwave/Series/GES03-A/5032 [20 de Mayo de 2020]
- [11] Fuentes, D., (2014). "La Gestión por Procesos, su Surgimiento y Aspectos Teóricos". *Ciencias Holguín*, 20(1), pp.1-11.
- [12] Milkva, M.; Prajova, V.; Yakimovich, B.; Korshunov, A., (2016). "Standardization – One of the Tools of Continuous Improvement". *International Conference on Manufacturing Engineering and Materials*, 149(June), pp.4-17.
- [13] Martínez, J., (2016). "La estandarización de los procesos: garantía de éxito industrial". [en línea]. Disponible en <https://www.alborum.com/la-estandarizacion-los-procesos-garantia-exito-industrial/?cn-reloaded=1> [29 de Abril de 2019]
- [14] Guerrero, M., (2017). "Estandarización y Optimización de los Procesos Productivos de la Empresa Las Maderas". Master en Administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz
- [15] Barón D.; Rivera L., (2014). "Cómo una microempresa logró un desarrollo de productos ágil y generador de valor empleando Lean". *Estudios Gerenciales*, 30(130), pp.40-47.
- [16] Eureka Dynamics, (2018). Reporte Organizacional-2018.
- [17] Chávez, Z., (2018). "Estandarización de Procesos y su Impacto en la Productividad de la Empresa Negociaciones Minera Chávez SAC, AÑO 2017". Tesis. Universidad Privada del Norte, Perú. [20 de Mayo de 2020]
- [18] Alarcón, G.; Alarcón, P., (2019). "La Elaboración del Mapa de Procesos Para una Universidad Ecuatoriana". *Revista Espacios*, 40(19), pp.4-17.

Desafíos organizacionales en tiempos de Pandemia. Home Office: una modalidad que se impone.

Brava, Estefanía; Perez, Juan Andrés; Risiglione, María Laura*

*Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.
Av. Constitución y Ruta Nac. N° 5. Luján (Bs As).
perezjandres@hotmail.com / laura_risiglione@hotmail.com*

RESUMEN.

El contexto de emergencia pública sanitaria provocada por la Pandemia del COVID-19 y el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, ha obligado al sector privado a replantear estrategias de comunicación y trabajo a distancia, a fin de sostener la continuidad de las actividades que así lo requieren. Si bien algunas organizaciones tenían experiencias previas en la implementación de este tipo de soluciones aún antes de la Pandemia, la mayoría se encontró con una situación disruptiva que obligó a adoptar súbitamente un nuevo esquema de trabajo. En ambos casos, con más o menos anticipación, con aciertos y desaciertos, se encuentran atravesando un proceso complejo de reformulación y adaptación de las condiciones laborales. Ante la coyuntura, se decidió realizar una investigación de campo, para comprender el alcance y las limitaciones de la implementación del Home Office, así como también las percepciones acerca de la modalidad de trabajo virtual a distancia. Para ello se diseñó un instrumento de recolección ad hoc de datos (formulario/cuestionario) destinado a relevar información del Sector Privado Industrial y de Servicios en Argentina. Los resultados del relevamiento permiten afirmar que el Home Office resulta ser una modalidad de trabajo con múltiples ventajas, pero con aspectos todavía a ser trabajados: la disponibilidad de recursos tecnológicos, espacio habitacional adecuado y condiciones ergonómicas para sostener la jornada laboral, cuya duración, asimismo, es un punto central a revisar. Asimismo, la cultura organizacional y el liderazgo demuestran ser aspectos fundamentales para lograr una implementación satisfactoria. Los beneficios percibidos por líderes y colaboradores, invitan a las organizaciones a dejar de lado los prejuicios y evaluar esta nueva modalidad de trabajo con gran potencial, pero cuya implementación exige la generación de protocolos de trabajo, que permitan compensar las deficiencias.

Palabras Claves: Pandemia - Estrategias – Organizaciones – Home Office – Cultura organizacional

ABSTRACT.

The public health emergency context caused by the COVID-19 Pandemic and Preventive and Mandatory Social Isolation, has forced the Private Sector to rethink strategies related to communication and remote work, in order to sustain required activities. Some organizations have previous experiences connected to this kind of solutions even before Pandemic, while the majority have encountered a disruptive situation that pressures them to immediately adopt a whole new job scheme. Despite the level of anticipation and the quantity of hits and misses, all organizations are going through a reformulation and adaptation complex process of labor conditions. Due to his new reality, a field investigation took place with the purpose to understand the scope and limitations of Home Office implementation, as well as virtual remote work perceptions. Therefore, an ad-hoc data collection instrument (form / questionnaire) was designed to gather information from the Industrial and Services Private Sector from Argentina. Survey's results allow us to affirm that Home Office is an advantageous solution, but with some unsolved aspects, such as technology availability, adequate space at home and ergonomic conditions to hold a workday, whose length is also a central point to be reviewed. In addition, organizational culture and leadership are essential features to succeed during its implementation. Leaders and employees' perceived benefits invite organizations to set aside preconceptions in order to take this new valuable work modality into account, but its accomplishment requires labor protocols to compensate deficiencies.

Keywords: Pandemic - Strategies – Organizations – Home Office – Organizational Culture.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Fundamentos

El contexto de emergencia pública sanitaria provocada por la Pandemia del COVID-19 [1] y el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) [2], han irrumpido en el escenario nacional de un modo súbito e inesperado. Consecuentemente, los diferentes rubros, sectores, industrias y el sistema educativo, han debido adaptarse forzosamente a la nueva coyuntura de modo de garantizar la continuidad de los negocios y/o los servicios en general.

En medio de esta situación disruptiva y no planificada, las diferentes organizaciones han migrado y readecuado sus actividades haciendo uso principalmente del teletrabajo, una modalidad incorporada por Jack Nilles en 1973 en Estados Unidos [3], y que con el transcurrir de los años se fue extendiendo hacia otros países. Sin embargo, la evolución del teletrabajo en el mundo no ha sido homogénea, siendo los países más desarrollados los que de momento tienen políticas transversales que regulan su implementación y seguimiento. Vale destacar además que, muchas veces, la incorporación del teletrabajo no fue consecuencia de un análisis introspectivo de las empresas o países [4], sino más bien, una medida paliativa y reactiva ante las diferentes crisis mundiales o regionales. En ese sentido, Argentina no es la excepción, dado que actualmente no cuenta con un instrumento jurídico específicamente redactado para el teletrabajo, sino un conjunto de leyes (Ley 20744, Ley 25800) que engloban la actividad para trabajadores que desempeñan su tarea en relación de dependencia, sin mencionar taxativamente la modalidad ni reglamentarla puntualmente y, además, dejando fuera de análisis a los trabajadores autónomos o independientes [5].

De acuerdo a un estudio de la IAE Business School, el 65% de las empresas no tenía empleados trabajando en forma remota antes de la Pandemia, mientras que hoy más de la mitad del personal se encuentra bajo esta modalidad en el 42% de los casos [6]. De acuerdo a Bendersky, CEO de Paradigma, *“este es el ejercicio de change management más brutal del último siglo”* [7].

En este contexto, el liderazgo y la cultura organizacional parecen posicionarse como determinantes en la implementación satisfactoria del teletrabajo. De acuerdo a Chiavenato, la cultura *“refleja la mentalidad que predomina en la organización”* [8], y puede ser de hecho, un elemento facilitador u obstaculizador de la adecuación ante cualquier cambio, por lo tanto, se vislumbra necesaria una cultura abierta al cambio, para incorporar esta modalidad de trabajo. Asimismo, organizar y gestionar equipos de personas en forma remota, en un contexto de incertidumbre y temor generalizado, exige a los líderes repensar estrategias para sostener la motivación y la productividad de sus colaboradores. Respetar los tiempos de aprendizaje y ser flexibles con los plazos de respuesta, parecen ser claves: *“el teletrabajo trajo aparejada una flexibilización en los horarios y un empoderamiento del empleado respecto a su agenda diaria, especialmente para aquellos que también tienen hijos”* [7]. La condición habitacional y la constitución familiar, a su vez, parecen resultar un poderoso condicionante para el teletrabajo, en situación de aislamiento.

En el marco de la mencionada coyuntura particular, el equipo de investigación ha procedido a realizar un relevamiento sobre trabajadores insertos en diferentes organizaciones, a los fines de recabar la experiencia sobre el teletrabajo, las ventajas y/o desventajas de su implementación en este contexto, así como también, las variables a considerar en un futuro cercano, para mejorar su ejecución y regulación del Home Office.

1.2 Objetivos.

1.2.1 General.

Relevar y analizar las percepciones y experiencias de los trabajadores insertos en diversas organizaciones, a fin de obtener información que pueda contribuir a mejorar las condiciones de implementación, seguimiento y desarrollo de la modalidad de Home Office en general, y en cada rubro o sector en particular, a partir de la implementación disruptiva de dicha modalidad, en el marco de la Pandemia de COVID-19.

1.2.2 Específicos.

- Diseñar un instrumento de recolección de datos adecuado a fin de recabar, analizar y valorar las experiencias y percepciones de los trabajadores insertos en diversas organizaciones, respecto de la modalidad de Home Office.
- Detectar los principales condicionamientos de los trabajadores para la continuidad de sus obligaciones ante la modalidad no presencial.
- Recoger las principales preocupaciones de los trabajadores, a fin de poner a disposición las variables que requieren de tratamiento particular.
- Brindar información relevante para la mejora de las condiciones de implementación de la modalidad de Home Office en las diferentes organizaciones en general, y en algunas de ellas en particular, en virtud de una posible extensión de la emergencia sanitaria y la imposibilidad de retomar a la modalidad presencial hasta inicios del año 2021.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Materiales.

- Formularios de Google Forms.
- Programa InfoSTAT y planillas de cálculo.
- Redes laborales de contactos (LinkedIn, CPIA, CIPBA, UUNN)

2.2 Métodos.

Se ha empleado una metodología cuali-cuantitativa, con predominio cualitativo.

La unidad de análisis se refiere a profesionales insertos en diferentes industrias manufactureras, de servicios y en el sistema educativo de Argentina, que trabajan en relación de dependencia, como asesores y/o de forma freelance.

La recopilación de la información se ha realizado a través de una encuesta. Se diseñó un instrumento *ad-hoc*, a efectos de facilitar la recolección, el análisis y la interpretación de los datos. Fueron utilizadas preguntas abiertas y cerradas con el fin de permitir un mejor entendimiento de cada uno de los temas relevados. La encuesta se ha definido de forma anónima, y fue implementada durante los meses de Mayo y Junio de 2020.

El la Figura 1 se indica el instrumento de recolección de datos de la presente investigación:

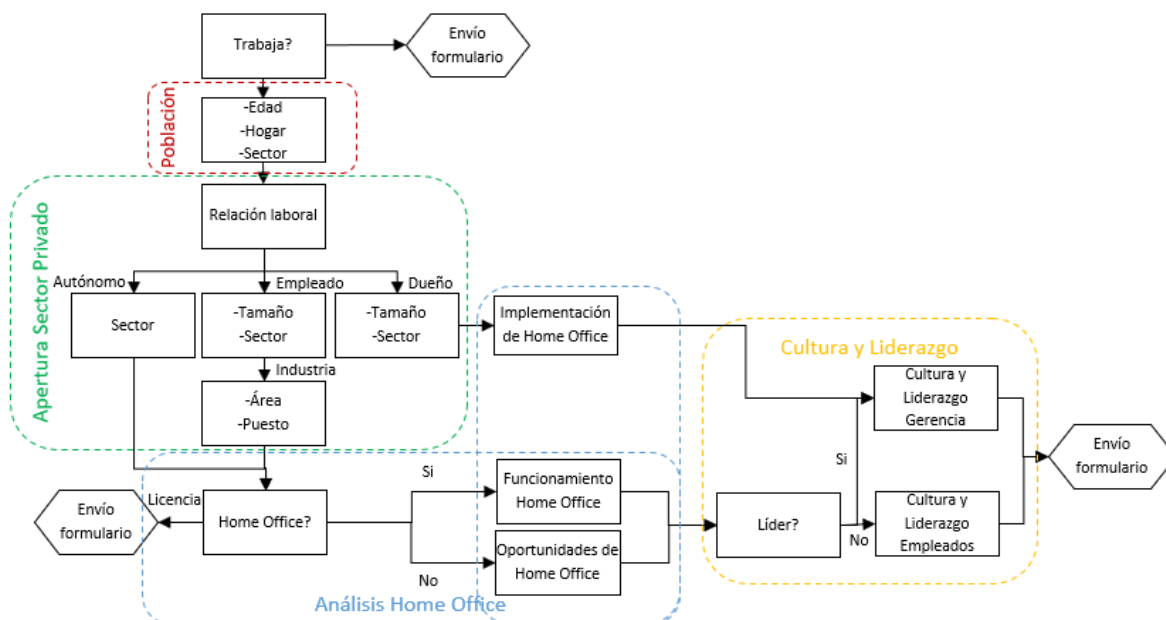


Figura 1 Estructura del instrumento de recolección de datos.

Al respecto del conjunto de respuestas recibidas, en la Figura 2 se presenta una caracterización simplificada de las mismas.

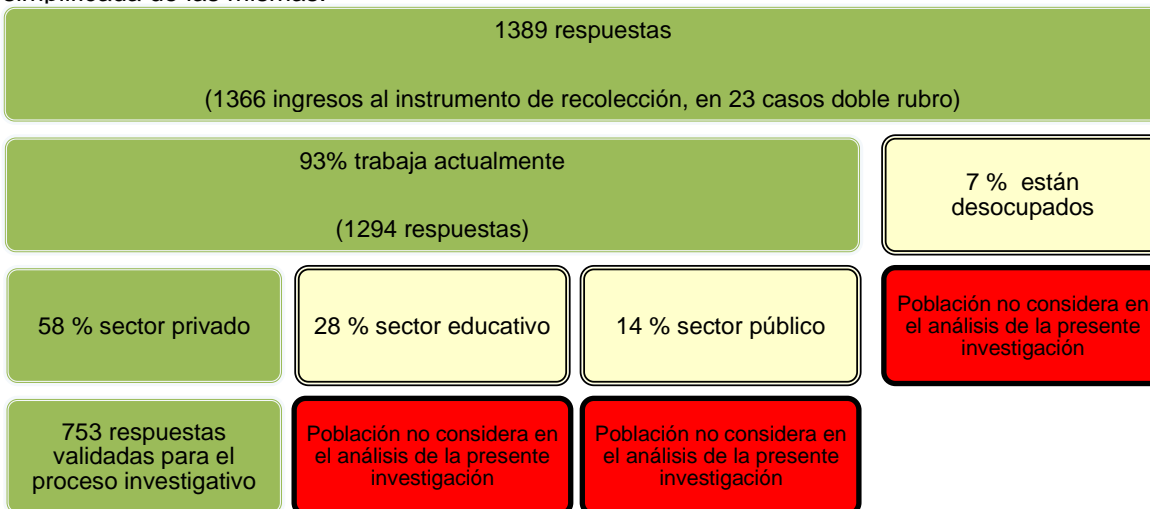


Figura 2 Caracterización de las respuestas obtenidas en el relevamiento

3. RESULTADOS.

Dada la representatividad de las respuestas obtenidas por personas que se desarrollan en el sector privado, se procede a la presentación y el análisis exhaustivo de este grupo poblacional.

3.1. Sector privado – Generalidades del relevamiento.

El 94% de la población que ha participado del relevamiento en el sector privado se encuentra comprendida entre los 18 y los 55 años, tal como era de esperarse según las edades jubilatorias de la Argentina, siendo el promedio de edad de los encuestados de 36 años.



Figura 3 Caracterización de los grupos que habitan en cada vivienda.

De la caracterización de los grupos que habitan en cada vivienda, tal como se presenta en la Figura 3, se observa una paridad en la distribución de los hogares que disponen de menores, y en aquellos que no: un 42 % (5 + 37) vive solo o en pareja y con hijos; un 41 % (15 + 26) vive solo o en pareja y sin hijos; mientras que un 17 % (4 + 13) vive con muchas personas o con sus padres, todos adultos. Esta distribución resulta ser una variable a considerar en el análisis, dado que el contexto de aislamiento forzado y disruptivo ha sido acompañado por el cese de las actividades educativas y sociales, transformándose los menores en actores fundamentales de la casa, en todo momento y en todo lugar, con el consecuente impacto sobre la efectividad, rendimiento y satisfacción laboral para las partes interesadas en el contrato laboral.

Para identificar el sector en que se encuentran insertos los encuestados, se utilizó la clasificación establecida por la Secretaría de Emprendedores y PyMEs, dependiente del Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación (Sepyme). Puede observarse en la Figura 4 que se encontró una gran concentración de los encuestados en dos sectores: el 82% de los encuestados trabaja dentro del sector de Servicios (42%) e Industria (40%).

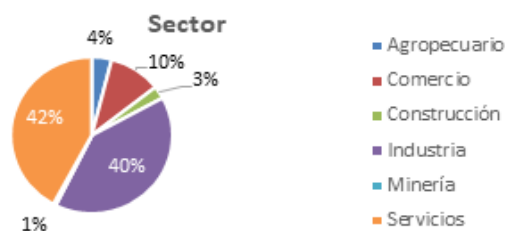


Figura 4 Rubro o sector en el que desarrolla sus actividades el trabajador.

En adición a la clasificación anterior, en la Figura 5 se muestra lo relevado en relación al tamaño de las organizaciones para las que trabajan los encuestados y el tipo de relación laboral, observándose:

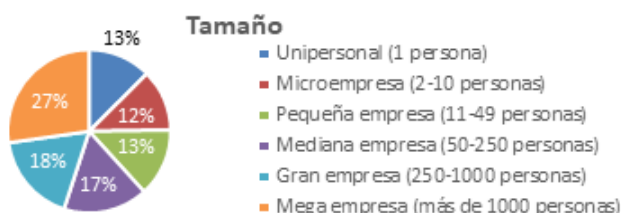


Figura 5 Tamaño de la organización en el que desarrolla sus actividades el trabajador.

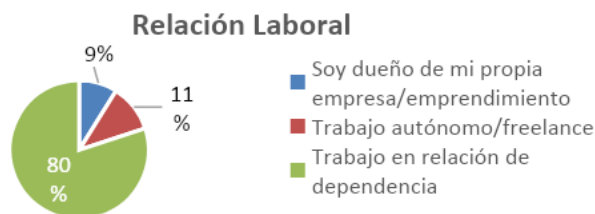


Figura 6 *Relación Laboral del trabajador con la organización en la que desarrolla sus actividades.*

Como consecuencia de la relación laboral del trabajador con la organización en la que desarrolla sus actividades evidenciada en la Figura 6, en el presente trabajo se segregaron las respuestas por tipo de relación laboral, a los fines de determinar variables específicas que permitan generar un aporte diferencial a la presente modalidad de trabajo, el Home Office.

3.2. Sector privado – Perspectiva autónomo/freelance (11 % de la población).

3.2.1. Ámbito y rubro.

Al respecto, el 74% de los encuestados se desempeña en el sector de servicios, el 19% lo hace en la industria y el 7% restante en comercio y construcción.

3.2.2. Situación actual.

En base a la modalidad de trabajo que sostiene este grupo, el 68% realiza exclusivamente Home Office, el 20% alterna entre asistencia al lugar del trabajo y el trabajo domiciliario y el 10% sigue asistiendo normalmente a su lugar de trabajo. El presente grupo de trabajadores presenta una particularidad interesante a resaltar: el Home Office ya constituía una modalidad explorada en mayor medida en el pasado, solo el 39% no realizaba trabajo remoto o lo hacía esporádicamente; mientras que en la actualidad ese número es mucho menor, ya que el 88% (68+20) trabaja exclusiva o parcialmente bajo esta modalidad.

3.2.3. Condiciones domiciliarias.

Asociado al inciso anterior y, dada la experiencia previa en el desarrollo del trabajo remoto, se identificó solo en este grupo de trabajador una característica distintiva: 1 de cada 4 encuestados manifiesta que no le falta ninguna comodidad ni tecnología o herramienta para trabajar de forma habitual bajo esta modalidad.

3.2.4. Situación de Home Office.

Al respecto de la situación en particular, el 45% de los autónomos manifiesta que su jornada laboral en la situación actual es más extensa de lo habitual, y un 23% manifiesta que es, a su vez, más estresante. Por otro lado, la realidad habitacional de este grupo de encuestados es mucho más pronunciada que la del promedio global del sector: el 62% convive con sus hijos, un porcentaje mucho más elevado que la media (42%), circunstancia que se identificó en el 33% como una razón negativa del aislamiento que influye en su desempeño laboral. Sobre la continuidad de la modalidad de Home Office, el 85% de los encuestados considera que se trata de una modalidad beneficiosa y en el 58% de los casos prevén incrementar la frecuencia de su uso posterior al ASPO.

3.2.5. Cultura y liderazgo.

Los trabajadores freelance manifiestan en el 34% de los casos que no ocupan posiciones de liderazgo en su función actual, y ese grupo particular de trabajadores identifican que el 52% de los líderes formales de sus organizaciones no desempeñan verdaderamente ese rol y que tampoco se encontraban preparados para el ejercicio e implementación del Home Office. A su vez, un 68% de los casos identifica a la cultura organizacional como una variable crítica para la preparación de los líderes y desembarco de la modalidad de trabajo, de hecho, el 61% la describe como autoritaria, verticalista y poco abierta a los cambios, mientras que apenas el 36% considera que la organización tiene una cultura enfocada en el liderazgo, desarrollo y mejora continua, lo que pone de manifiesto la necesidad de trabajar en un cambio cultural para la implementación de esta modalidad de trabajo. En el caso de los trabajadores autónomos que desarrollan posiciones de liderazgo (66%), no se identifica la misma apreciación que el grupo anterior ya que consideran en el 58% de los casos que la cultura está enfocada en el liderazgo, desarrollo y mejora continua; pero sí coinciden en el hecho de que el tipo de cultura organizacional percibida es clave para la implementación de la modalidad de trabajo remoto (87%) y en la necesidad de un cambio cultural (47%).

3.3. Sector privado – Perspectiva relación de dependencia (80% de la población).

3.3.1. Ámbito y rubro.

Del total del relevamiento, el 77% de los participantes trabaja en Mega, Grandes o Medianas empresas, mientras que el resto lo hace en Pequeñas o Micro empresas. Al respecto del rubro u origen, el 83% de los encuestados se desempeña en el sector de servicios e industria (siendo industria la preferencia), el 9% lo hace en comercio y el 8% restante en agropecuario, construcción y minería.

De la apertura realizada en los casos en que el trabajador desempeña funciones en la industria, se observa una particularidad en relación a las áreas donde trabaja, tal como se indica en la Figura 7: entre el 40 y 60 % (dependiendo del tipo de industria) de los encuestados ocupan posiciones que están asociadas directamente a la cadena de abastecimiento de las organizaciones, siendo su labor de tipo esencial para la continuidad de las operaciones y el negocio, requiriendo en el mayor de los casos, de presencialidad parcial o total.

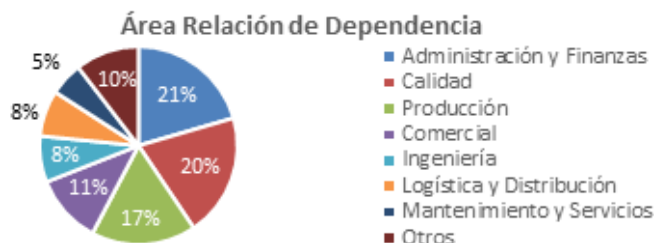


Figura 7 Área en que el trabajador en relación de dependencia realiza sus funciones

Sin embargo, dentro de los colaboradores que desempeñan funciones en la industria, 3 de cada 4 de ellos no ofician como personal de mano de obra directa según se indica en la Figura 8, que representa el tipo de puesto en que cada trabajador realiza sus funciones, lo que representa una oportunidad para la implementación, al menos parcial, de la modalidad de trabajo y las posibilidades de adecuación ante el inminente y disruptivo ASPO.

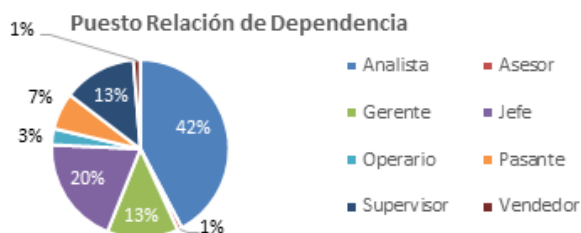


Figura 8 Puesto en que el trabajador en relación de dependencia realiza sus funciones

3.3.2. Situación actual.

Particularmente, los trabajadores en relación de dependencia no manifestaron disponer de conocimiento o exploración previa de la modalidad de trabajo: el 55% de los colaboradores no realizaba Home Office previo al ASPO, o lo hacía esporádicamente; una marcada diferencia con el desarrollo e implementación de la misma modalidad en los trabajadores freelance o autónomos. Sin embargo, a los fines de dar continuidad a las actividades esenciales, actualmente el 73% de ellos desarrolla de forma parcial o total el teletrabajo. Consultados al respecto de su percepción acerca de su propio desempeño, indican, sin embargo, que no resulta igual de eficaz que en la presencialidad, básicamente por tratarse de tareas que directa e indirectamente están vinculadas a la cadena de abastecimiento en la industria.

3.3.3. Condiciones domiciliarias.

Al respecto de las condiciones domiciliarias, y asociado a la falta de exploración previa en la modalidad de trabajo en el caso de los trabajadores en relación de dependencia, apenas el 13,6% de los encuestados manifestaron no tener ningún inconveniente o falta de comodidad. La mayoría de los trabajadores ha manifestado problemáticas, que se concentran en la falta de un asiento ergonómico/cómodo, en la ausencia de espacios físicos aislados y disociados de la cotidianeidad familiar, y en un escritorio e iluminación acorde a la nueva tarea; aspectos que se resuelven planificando anticipadamente el trabajo a distancia, situación que la irrupción súbita del ASPO no permitió.

3.3.4 Situación de Home Office.

La situación actual de implementación disruptiva e inmediata del Home Office deja en evidencia algunas situaciones que a continuación se indican.

Se observa que en el 44% de los casos los encuestados trabajan más horas bajo esta modalidad, en comparación con la presencialidad (Figura 10), y un 24% indicó que transita por una situación laboral más estresante (Figura 9). Asimismo, el 72% de las personas que manifestaron estar más

estresadas, trabaja más horas de lo habitual, lo que representa una clara asociación de problemáticas, un mensaje contundente a considerar para la post pandemia y la potencial continuidad laboral de la modalidad a distancia.



Figura 9 Percepción del estrés



Figura 10 Tiempo de la jornada laboral

No obstante, el 86% de los encuestados manifestó que la modalidad de trabajo presenta más beneficios que desventajas, y tan sólo un 2% de los mismos ha manifestado estar convencido de que no se cuenta con ningún beneficio concreto. Al respecto de las ventajas con que cuenta la modalidad de trabajo y que se indican en la Figura 11, los encuestados indican el ahorro de dinero (movilidad, viáticos) y flexibilidad horaria (administración del tiempo en el hogar) como principales factores, y señalan el equilibrio personal/laboral y el aumento de la productividad laboral (satisfacción) en un segundo plano.



Figura 11 Beneficios aportados por la modalidad de Home Office

Si bien se ha indicado anteriormente que del relevamiento surge que la percepción de los encuestados arroja mayores beneficios que desventajas, al ser consultados por estas últimas, 1 de cada 2 trabajadores han indicado que las principales fallas son la carencia de un espacio doméstico adecuado (aislado, preparado para la tarea) y las distracciones propias derivadas de las actividades familiares Se pyme (cuidado de menores, atención de adultos mayores, ocio); mientras que de forma dispersa se mencionan los problemas asociados a la tecnología (equipamiento, conectividad, acceso remoto) y la comunicación no fluida o poco fluida entre los miembros del equipo de trabajo. Por otro lado, el 24% manifestó que considera que la situación actual posee una influencia negativa en el desarrollo del Home Office, el 40% de las respuestas están vinculadas con la presencia de la familia o el aumento de las tareas debido la situación habitacional de la coyuntura actual. Sin embargo, la respuesta más mencionada (26%) es el impacto psicológico que produce el aislamiento, especialmente en la concentración y, por ende, en el desempeño laboral.

Como conclusión final del apartado, el 77% de los encuestados manifestó que en un futuro le gustaría aumentar la frecuencia con la que trabaja bajo esta modalidad, mientras que solo el 9% no tiene intenciones de realizar o continuar con Home Office (respuestas vinculadas principalmente a la conformación de la vivienda familiar). En efecto, la modalidad de Home Office vislumbra un desembarco y permanencia en este sector: los trabajadores identifican claramente las variables a resolver luego de la pandemia, y a su vez centran sus apreciaciones en el cúmulo de ventajas que han sabido detectar y usufructuar durante el aislamiento, en post del beneficio personal, laboral y familiar.

3.3.5. Cultura y liderazgo.

El 46% de los encuestados manifestó no ocupar una posición de liderazgo actualmente y, de acuerdo a su experiencia o percepción, el 45% de los líderes de sus organizaciones no desempeñan verdaderamente ese rol, sino que sólo ejercen jerarquía por el cargo que ocupan y, por otro lado, solo el 38% se desempeña exitosamente en su posición de liderazgo según se muestra en la Figura 12. A su vez, un 43% de las personas considera que los líderes de sus organizaciones no estaban preparados para gestionar el trabajo remoto, dada la imprevisibilidad y la falta de políticas vinculadas con el Home Office, que tienen un impacto fuerte en la realidad actual; y un dato preocupante ante la potencial continuidad de la modalidad laboral y su exitosa implementación: el 25% considera que los líderes de sus organizaciones no apoyan la iniciativa de Home Office.

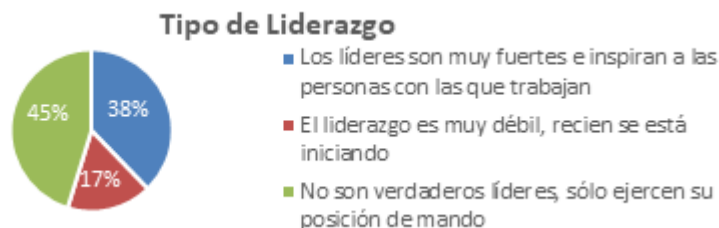


Figura 12 Tipo de liderazgo en las organizaciones, desde la perspectiva de no líderes

Este mismo grupo poblacional, considera en el 73% de los casos que la cultura tiene un impacto contundente en la implementación del Home Office en sus organizaciones. Particularmente, en la Figura 13 se indica el tipo de cultura organizacional desde la perspectiva de trabajadores no líderes, dónde el 47% manifiesta que la cultura que perciben en sus organizaciones está enfocada en el liderazgo, el desarrollo y la mejora continua, mientras que un 29% cree que es autoritaria, verticalista y poco abierta a los cambios. Justamente, el 55% sostiene que es necesario un cambio cultural para que se pueda implementar exitosamente el trabajo remoto, porcentaje que se eleva al 68% si se evalúa solo al grupo que consideró que la cultura de su organización es autoritaria, verticalista y poco abierta a los cambios.

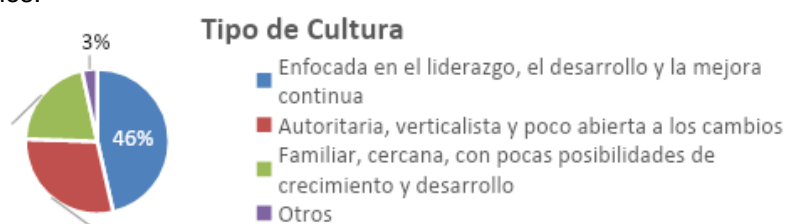


Figura 13 Tipo de cultura organizacional, desde la perspectiva de no líderes

Por otro lado, en el grupo de encuestados que ha considerado ocupar un rol de liderazgo en sus organizaciones, el 80% cree realizar un buen trabajo según se muestra en la Figura 14, aunque entienden que tienen muchas cosas por mejorar, una posición antagónica respecto de las personas que podrían formar parte de sus equipos. La polarización de las respuestas entre no líderes y líderes sigue siendo clara. Al ser consultados por la opinión del Home Office, el 96% de los líderes indica apoyar la iniciativa, y el 59% cree que aún tiene cuestiones por mejorar.

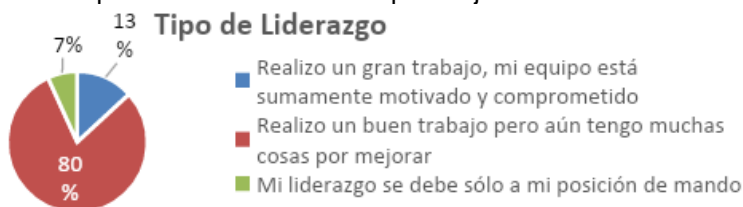


Figura 14 Tipo de liderazgo en las organizaciones, desde la perspectiva de líderes

Además, el 78% de los encuestados que desempeña posiciones de liderazgo considera que la cultura tiene un impacto contundente en la implementación del Home Office en sus organizaciones. Sin embargo, nuevamente se hace evidente la diferencia en la percepción de la cultura organizacional. Particularmente, el 60% de los líderes manifiesta que la cultura que perciben en sus organizaciones está enfocada en el liderazgo, el desarrollo y la mejora continua y tan sólo un 12% cree que es autoritaria, verticalista y poco abierta a los cambios. Sin embargo, a pesar del enfoque positivo sobre la caracterización de la cultura, el 55% de ellos identifica que es necesario realizar un cambio cultural para la exitosa implementación del Home Office en un escenario post pandemia.

3.4. Sector privado – Perspectiva dueños (9 % de la población).

3.4.1. Ámbito y rubro

Al respecto de este grupo particular de encuestados, se observa que el 45% de ellos es dueño de empresas que desarrollan sus actividades en el sector de servicios, a diferencia de lo que sucede en el sector de relación de dependencia, donde prevalecen trabajadores de la industria manufacturera. Le siguen comercio (28%), industria (14%) y un 13% entre sector agropecuario, construcción y minería.

En relación al tamaño de la empresa por la que responden, se observa una clara tendencia hacia las MiPyMEs, representando el 70% de la población, y una fracción menor correspondiente a estructuras unipersonales (10%).

3.4.2. Situación actual

Del relevamiento se observa que en el 67% de los casos, los dueños manifestaron que sus empleados se encontraban actualmente con continuidad laboral desde la modalidad de Home Office y, a su vez, en el 37% de las respuestas se evidenció que la modalidad ya se estaba desarrollando de forma parcial o total, demostrando acercamiento y afiliación a la propuesta.

3.4.3 Implementación del Home Office.

Esta sección ha sido ideada exclusivamente para este perfil de encuestados, teniendo en cuenta que se trata de dueños de empresas (empleadores). Al ser consultados sobre los inconvenientes asociados a la implementación del Home Office ante el ASPO, el 40% de ellos manifestaron que tuvieron que resolver situaciones de forma imprevista, y un 37% indicó que, dada la experiencia previa en la implementación de la modalidad, no tuvieron que sortear ningún problema.

En referencia a las ventajas de la implementación de la modalidad, han puesto en valor el beneficio que ellos consideran que obtienen del Home Office en la vida personal y laboral que, a su vez, repercute en la motivación y por ende en la productividad laboral de sus colaboradores. Vale destacar además que, desde el perfil de los empleadores, surge como ventaja la reducción considerable de gastos en las instalaciones y cobertura de viáticos.

En contraposición, en relación a las desventajas, un 56% de las respuestas ponen de manifiesto los problemas de conectividad de las diferentes zonas en que sus trabajadores se encuentran, y una preocupación adicional que se indica, aunque con menos preponderancia, asociada al incumplimiento (o la falta de metodologías claras) para el establecimiento de los objetivos y las obligaciones.

Consultados sobre la continuidad del modelo laboral post pandemia, el 53% de las respuestas alienta la continuidad y la identifica como positiva, mientras que un 14% se opone contundentemente al proceso.

3.4.4 Cultura y liderazgo

El grupo poblacional bajo análisis en esta sección tiene la particularidad de representar en el 100% de los casos a personas que desarrollan posiciones de liderazgo. Al respecto, el 85% de los encuestados considera que hace un buen trabajo como líder, aunque manifiestan que deben mejorar algunos aspectos frente a la continuidad del proceso. Un 94% de ellos alienta la implementación de la modalidad de Home Office en este contexto de ASPO, a los fines de darle continuidad a los negocios, aunque entienden que les demanda más y mejores planes de acompañamiento al personal.

Sin embargo, apenas el 60% de los encuestados identifica a la cultura organizacional como una variable a considerar para el éxito del modelo, un 5% considera que la organización que gestiona es autoritaria, verticalista y poco abierta a los cambios y un 63% la identifica como enfocada en el liderazgo, el desarrollo y la mejora continua; aspectos que disienten marcadamente con la percepción de los trabajadores freelance/autónomos y en relación de dependencia.

Y resulta aún más llamativo que, a pesar de este enfoque positivo sobre su cultura organizacional y la forma de gestión, el 43% sostiene que es necesario un cambio cultural para que se pueda implementar exitosamente el Home Office posterior a la pandemia.

4. CONCLUSIONES.

Al respecto de la implementación y situación actual del Home Office en ASPO.

Resulta evidente la necesidad de adopción del modelo de Home Office para la continuidad del negocio en el sector privado ante la coyuntura actual. De hecho, en el 87% de los casos se implementa la modalidad de forma parcial o total, pero solo el 38% contaba con experiencia previa en ese campo. El ASPO ha generado una situación disruptiva e inédita, fuera del radar de riesgo de la mayoría de las organizaciones y, consecuentemente, sin planificación previa. Los dueños de empresas o emprendimientos, en el 40% de los casos, tuvieron que improvisar sobre la marcha todas las acciones necesarias para que sus empleados pudieran trabajar desde sus domicilios; esfuerzo que aún deja un largo camino pendiente ya que el 86% de los trabajadores presenta todavía alguna deficiencia estructural (asiento cómodo y ergonómico, iluminación, escritorio) o de tecnología (PC o notebook, conectividad) en su hogar. Sin embargo, esta situación no resulta tan evidente en el caso de las grandes empresas y en el sector de trabajo freelance/autónomo, por la capacidad de respuesta y la experiencia previa en el modelo respectivamente.

Al respecto de las principales desventajas relevadas del Home Office en ASPO.

La situación de aislamiento y cese de las actividades educativas, sociales y de resguardo o acompañamiento en adultos mayores resulta ser un factor diferencial a considerar, y que se ha hecho evidente en el presente relevamiento. Tal es el caso, que la convivencia con menores o adultos mayores en guarda, se ha indicado de forma general como una de las principales características que atentan contra la productividad y la satisfacción laboral, dada la sobrecarga y multiplicidad de tareas, las distracciones y las ocupaciones periféricas. Sin embargo, no ha sido la principal desventaja o punto de interés. El impacto psicológico, en contexto del aislamiento y en un marco de incertidumbre sostenida, ha sido la principal desventaja manifestada por los encuestados en general del sector privado, afectando la consecución de los objetivos y la productividad laboral, sumado a un preocupante incremento de la duración de la jornada laboral de los trabajadores (44%) y el nivel de estrés.

Al respecto del liderazgo, y su impacto en el Home Office en ASPO.

Del presente trabajo se observa una marcada disociación o distanciamiento entre los grupos de interés (líderes y no líderes) dentro de las organizaciones. Por un lado, los líderes consideran que ejercen muy bien su rol, mientras los miembros (potenciales) de sus equipos consideran una situación antagónica. La brecha evidenciada se condice con los problemas que se han manifestado, tales como la comunicación entre los colaboradores, la consecución de los objetivos, el acompañamiento, la cercanía, u otros factores que, concomitantemente, elevan el nivel de desempeño grupal y ayudan a mitigar la situación de aislamiento social.

Sin embargo, ambos grupos coinciden en que, frente a la continuidad del modelo laboral, el ejercicio del liderazgo requerirá de adecuaciones, preparación y formación para potenciar la habilidad de gestión.

Al respecto de la cultura organizacional, y su impacto en el Home Office en ASPO.

La cultura organizacional ha sido identificada como una variable crítica para la consecución de los resultados empresariales en general, y para la implementación y continuidad del modelo laboral en particular. Si bien en más de la mitad de los casos los trabajadores interpretan que se encuentran desarrollando labores en empresas que promueven el liderazgo, el desarrollo y la mejora continua, 8 de cada 10 de ellos manifiesta que es prioritario un cambio cultural profundo para el desembarco exitoso del Home Office, consecuente con la divergente percepción sobre los líderes y el ejercicio del liderazgo, sobre las competencias o habilidades disponibles y requeridas para ello, y a la falta de prospección y adecuación gradual de los procesos.

Al respecto de la continuidad del Home Office en el escenario Post Pandemia.

Existe una generalizada percepción positiva sobre la modalidad de trabajo en los trabajadores freelance/autónomos y en relación de dependencia, soportada básicamente por los beneficios que otorga en materia de flexibilidad de horarios (trabajar por objetivos), equilibrio personal y laboral (vínculos sociales, eventos familiares, rutinas con menores), ahorro de tiempo (viajes de ida/vuelta) y gastos (movilidad y viáticos) que, en su conjunto, elevan el desempeño del trabajador y mejoran la productividad, generando un contexto de satisfacción y plenitud laboral.

Sin embargo, 1 de cada 2 empleadores no apoya o tiene dudas sobre la continuidad del Home Office, centrados básicamente en el desconocimiento o ausencia de herramientas que le permitan facilitar la definición, seguimiento y articulación de los objetivos y obligaciones del trabajador.

Al respecto del sector privado y el Home Office.

A pesar de la diferencia evidenciada anteriormente entre los grupos de interés, existe un claro acompañamiento del proceso e implementación del trabajo no presencial para el sector privado en particular. Sin embargo, la citada implementación requiere de un exhaustivo y sensible análisis de las variables limitantes en cada caso, propias del rubro o sector que decide iniciar por ese camino, a los fines de proceder a su tratamiento, adecuación o resolución, alentando y favoreciendo la implementación del Home Office post pandemia en un contexto de permanente interacción y reciprocidad entre las partes interesadas.

5. REFERENCIAS.

[1] World Health Organization (WHO, 2020). WHO director-general's opening remarks at the media briefing on COVID-19. Who.int. Available at: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

[2] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. Boletínoficial.gob.ar. Argentina. DNU N° 297/20. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227042/20200320>

- [3] Bottos, A. (2007). *Teletrabajo: descripción y análisis de su presente y sugerencias para una normativa*. Hemeroteca Digital de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Untref.edu.ar Argentina. Recuperado de: <http://www.untref.edu.ar/documentos/tesisposgrados/Bottos.pdf>
- [4] García Romero, B. (2012). *El teletrabajo*. Ed. Civitas. Navarra. España
- [5] Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación Argentina (MTEySS, 2020). *Marco normativo. Teletrabajo, trabajo remoto y trabajo conectado*. Argentina.gob.ar. Argentina. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/trabajo/teletrabajo/marco-normativo>
- [6] (sin autor) *Por el coronavirus, el 42% de las empresas tiene a más de la mitad de su personal haciendo teletrabajo*. Universidad Austral. IAE Business School. Recuperado de: <https://www.iae.edu.ar/es/LaEscuela/IAEHoy/Paginas/Por-el-coronavirus-el-42-de-las-empresas-tiene-a-mas-de-la-mitad-de-su-personal-haciendo-teletrabajo.aspx>
- [7] Cascio, J.; Radici, F. (2020). *El trabajo post pandemia*. Revista Apertura.
- [8] Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. Ed. McGraw Hill. México.

Limitaciones

La presente investigación tiene una serie de limitaciones que cabe mencionar:

- Los trabajadores y profesionales ajenos a las redes de contactos que el equipo de investigación ha utilizado para distribuir el formulario ad-hoc; quienes seguramente tenían intenciones y experiencia pertinente para aportar a la presente investigación.
- No se cuenta con datos oficiales sobre la implementación del Home Office en el marco de la Pandemia del COVID-19, y su consecuente impacto en la continuidad laboral de las organizaciones.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer:

- o A los docentes con los que trabajamos cotidianamente, y que, del devenir de las conversaciones, inspiran al desarrollo de diferentes relevamientos e investigaciones en el campo disciplinar de la Organización Industrial.
- o A todos los trabajadores que voluntariamente respondieron a la encuesta, que han permitido y se han permitido ser parte del trabajo que aquí se presenta.

Análisis de los objetivos claves que llevan a la innovación sostenible en empresas españolas.

Mavolo Luca; Xodo Daniel; Galmes Federico
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Trenque Lauquen
Mail: daniel.xodo@gmail.com

RESUMEN:

Antecedentes: A partir del relevamiento de 320 empresas españolas, donde se identificaron los factores claves que llevan a la innovación sostenible, se analizó las variables independientes que aportan en mayor medida. **Objetivos:** los pilares de la innovación sostenible son los objetivos económicos, ambientales y sociales, se pretende identificar cual influye en mayor medida. **Métodos y materiales:** se aplicó un análisis ANOVA para determinar variaciones entre las medias del grado de cumplimiento de los tres objetivos planteados en el punto anterior, también se utilizó el criterio de Tookey para jerarquizar las diferencias entre las mismas y por último un análisis ANOVA de dos vías para determinar si existe crecimiento del cumplimiento objetivos por parte de las empresas en los años que se realizó el relevamiento. **Resultados y discusiones:** Se observó que los objetivos económicos son los que se cumplen en mayor medida siendo los más importante al momento de determinar si una empresa está orientada a la innovación sostenible. También se determinó que no hubo un crecimiento a través de los años del cumplimiento de los objetivos. **Conclusión:** a partir de los resultados obtenidos se pueden comenzar a trabajar en los distintos factores de la base de datos que afectan al cumplimiento de los objetivos evaluados.

Palabras claves: innovación; objetivos económicos, ambientales y sociales; anova.

ABSTRAC:

Background: From the survey of 320 Spanish companies, where the key factors that lead to sustainable innovation were identified, the independent variables that contribute to the greatest extent were analyzed. **Objectives:** the pillars of sustainable innovation are economic, environmental and social objectives, it is intended to identify which one has the greatest influence. **Methods and materials:** an ANOVA analysis was applied to determine variations between the means of the degree of fulfillment of the three objectives raised in the previous point, Tookey's criterion was also used to rank the differences between them and finally an ANOVA analysis of two ways to determine if there is growth in the achievement of objectives by the companies in the years that the survey was carried out. **Results and discussions:** It was observed that the economic objectives are those that are fulfilled to a greater extent, being the most important when determining whether a company is oriented towards sustainable innovation. It was also determined that there was no growth through the years of meeting the objectives. **Conclusion:** from the results obtained, work can begin on the different factors in the database that affect the fulfillment of the evaluated objectives.

Keywords: innovation; economic, environmental and social objectives; anova.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES:

En los últimos años las empresas en general, incluidos los emprendimientos, han sido considerados por muchos como los principales creadores de problemas ambientales y sociales y por tanto fuente de reducción de sostenibilidad en la sociedad; por lo que en su afán de contrarrestar esta consciencia generalizada, las cuestiones relacionadas con la innovación para la sostenibilidad del medio ambiente han aumentado en importancia tanto para la toma de decisiones en las organizaciones como para los investigadores de diversas disciplinas académicas. Varios autores, inclusive han destacado la creciente importancia de la sostenibilidad como motor clave de la innovación (Adams et al., 2012; Nidumolu et al., 2015; Callon 2001; Wirtz 2011).

La innovación sostenible aplica al desarrollo de un conjunto de mejoras orientadas a nuevos productos y procesos que proporcionan valor para el cliente y el negocio, disminuyen significativamente los impactos ambientales (Fussler y James, 1996). Nuevos productos y procesos que proporcionan valor para el cliente, con menos recursos y que resulta en un impacto ambiental reducido (Johansson y Magnusson, 1998). Procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas, sistemas y productos dirigidos a prevenir o reducir el daño ambiental (Rennings, 2000). La innovación que mejora el rendimiento medioambiental (Arnold y Hockerts, 2011). Concepto global que proporciona la dirección y la visión para la consecución de los cambios sociales globales necesarios para lograr el desarrollo sostenible. La innovación sostenible refleja un énfasis explícito en la reducción del impacto medioambiental, ya sea que tal efecto se pretenda o no se limita a la innovación en productos, procesos, métodos de comercialización y métodos de organización, sino también a la innovación en estructuras sociales e institucionales (Machiba, 2010). Procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas, sistemas y productos para evitar o reducir los daños ambientales. Las innovaciones sostenibles pueden desarrollarse con o sin el objetivo explícito de reducir el daño ambiental (Halila y Rundquist, 2011). Innovación sostenible es la producción, la asimilación o la explotación de un producto, proceso de producción, servicio o gestión o método de negocio que es novedoso para la organización (desarrollo o la adopción de él) y que se traduce, a lo largo de su ciclo de vida, en una reducción del riesgo ambiental, La contaminación y otros impactos negativos del uso de los recursos (incluido el uso de energía) en comparación con las alternativas pertinentes (Buttol et al., 2012).

Se elaboró una base de datos de empresas privadas españolas con participación mayor o igual al 10% de capital extranjero, siendo un total de 320 empresas durante 8 años a partir del 2009. Donde se relevó información sobre distintos factores, que aporten a la empresa la búsqueda de innovación sostenible. Esta innovación orientada a la sostenibilidad (SOI), es el resultado del cumplimiento de 3 objetivos, objetivos económicos, objetivos ambientales y objetivos sociales. Cada uno de estos objetivos a su vez esta compuestos por sub-objetivos.

La base de datos está orientada a determinar qué factores y objetivos determinan la innovación sostenible de cada empresa, por ejemplo, los objetivos económicos (OE) están compuestos por 4 puntos fundamentales gama más amplia de bienes o servicios, penetración en nuevos mercados, mayor cuota de mercado y mayor capacidad de producción o prestación de servicios. Para que la variable OE tome el valor 1 la empresa debe cumplir con estos 4 puntos fundamentales. A su vez sucede igual con los otros 2 objetivos ambientales (OA) y sociales (OS), deben cumplir con sus puntos fundamentales en su totalidad para que estas variables tomen el valor 1 dentro de la base de datos. Y la empresa va a tener una innovación orientada a la sostenibilidad si a su vez cumple con los 3 objetivos, es decir que cada uno de ellos tome el valor 1.

La base de datos está compuesta de los siguientes objetivos y factores:

Año: Año de la muestra

Ident: Código identificador de empresa

- **OE: OBJETIVOS ECONÓMICOS**
 - Gama más amplia de bienes o servicios
 - Penetración en nuevos mercados
 - Mayor cuota de mercado
 - Mayor capacidad de producción o prestación de servicios
- **OA: OBJETIVOS AMBIENTALES**
 - Menos materiales por unidad producida
 - Menos energía por unidad producida
 - Menor impacto medioambiental
 - Cumplimiento de los requisitos normativos medioambientales, de salud o seguridad
- **OS: OBJETIVOS SOCIALES**
 - Mayor calidad de los bienes o servicios
 - Mejora en la salud y la seguridad
 - Aumento del empleo total
 - Aumento del empleo cualificado
 - Mantenimiento del empleo

Sector: Actividad CNAE 2009.

1. Alta Tecnología
2. Media Tecnología
3. Baja Tecnología

Antigüedad: Años de la empresa con respecto al año muestral. Toma los siguientes valores:

- 1- Sí empresa tiene antigüedad < 5 años.
- 2- Sí empresa tiene antigüedad \geq 5 años y < 15 años.
- 3- Sí empresa tiene antigüedad \geq 15 años

Tamaño: Número de empleados en t. Toma los siguientes valores:

- 1- Si es una microempresa. Empresa con menos de 10 empleados.
- 2- Si es una empresa pequeña. Empresa con entre 10 y 50 empleados
- 3- Si es una empresa mediana. Empresa con entre 50 y 250 empleados.
- 4- Si es una gran empresa. Empresas con más de 250 empleados

Fuente: Número de fuente de información importante para realizar la innovación:

- Fuente 1: dentro de la empresa o grupo;
- Fuente 2: proveedores de equipo;
- Fuente 3: clientes;
- Fuente 4. competidores;
- Fuente 5: consultores, laboratorios o institutos;
- Fuente 6: Universidades;
- Fuente 7: organismos públicos de investigación;
- Fuente 8: centros tecnológicos;
- Fuente 9: conferencias, ferias, exposiciones;
- Fuente 10: revistas científicas, publicaciones técnicas;
- Fuente 11: asociaciones profesionales o industriales.

Personal: Personal remunerado con educación superior en t. Toma los siguientes valores:

- 1 Sí la empresa tiene entre 0 y 25% del personal con educación superior.
- 2 Si la empresa tiene entre el 25 y el 50% del personal con educación superior.
- 3 Si la empresa tiene entre el 50 y el 75% del personal con educación superior.
- 4 Si la empresa tiene entre 75 y 100% del personal con educación superior.

Tecnología: Actividades para la innovación tecnológica. Toma valor 1 si la empresa hace alguna actividad para la innovación tecnológica

- 1- Adquisición de maquinaria, equipos, hardware o software avanzados y edificios;
- 2- Formación; Formación interna o externa de su personal, destinada específicamente al desarrollo o introducción de productos o procesos nuevos o mejorados de manera significativa
- 3- Adquisición de conocimientos externos. Compra o uso, bajo licencia, de patentes o de invenciones no patentadas y conocimientos técnicos o de otro tipo, de otras empresas u organizaciones para utilizar en las innovaciones de su empresa

RN: Red nacional aquella cuyas cooperaciones estén restringidas a los límites de España. Toma valor 1 si ha cooperado con algún socio nacional y ha adquirido algún conocimiento de dichos socios.

Tipo de socio con el que cooperó:

- CN1- Otras empresas de su mismo grupo
- CN2- Proveedores de equipos, material, componentes o software
- CN3- Clientes
- CN4- Competidores u otras empresas de su misma rama de actividad
- CN5- Consultores o laboratorios comerciales
- CN6- Universidades u otros centros de enseñanza superior
- CN7- Centros o institutos públicos y privados de investigación

RE: Red regional si incluye cooperaciones dentro del continente europeo. Toma valor 1 si ha cooperado con algún socio europeo y ha adquirido algún conocimiento de dichos socios.

- CE1- Otras empresas de su mismo grupo
- CE2- Proveedores de equipos, material, componentes o software
- CE3- Clientes
- CE4- Competidores u otras empresas de su misma rama de actividad
- CE5- Consultores o laboratorios comerciales
- CE6- Universidades u otros centros de enseñanza superior

CE7- Centros o institutos públicos y privados de investigación

RM: Red internacional si incluye cooperaciones con socios del resto de países (EEUU, China e India). Toma valor 1 si ha cooperado con algún socio del resto del mundo y ha adquirido algún conocimiento de dichos socios.

- CM1- Otras empresas de su mismo grupo
- CM2- Proveedores de equipos, material, componentes o software
- CM3- Clientes
- CM4- Competidores u otras empresas de su misma rama de actividad
- CM5- Consultores o laboratorios comerciales
- CM6- Universidades u otros centros de enseñanza superior
- CM7- Centros o institutos públicos y privados de investigación

GRUPO: Toma valor 1 si la empresa forma parte de un grupo de empresas y 0 en caso contrario.

Paiscod: País donde se encuentra la sede central

Rela: Relación de su empresa con el grupo. Toma los siguientes valores:

- 1- Matriz
- 2- Filial
- 3- Conjunta
- 4- Asociada

Mercado local. Toma valor 1 si la empresa ha vendido en el ámbito local sus productos y/o servicios.

Mercado Nacional: Toma valor 1 si la empresa ha vendido en el ámbito nacional sus productos y/o servicios.

Mercaue: Toma valor 1 si la empresa ha vendido en el ámbito europeo sus productos y/o servicios.

Otropaís: Toma valor 1 si la empresa ha vendido en el resto de países sus productos y/o servicios.

Factores que dificultan las actividades de innovación tecnológica. Toma valor 1 si tuvieron importancia los siguientes factores al dificultar sus actividades o proyectos de innovación o influir en la decisión de no innovar:

1. Factores de coste:
 - a. Falta de fondos en la empresa o grupo de empresas
 - b. Falta de financiación de fuentes exteriores a la empresa
 - c. La innovación tiene un coste demasiado elevado
2. Factores de conocimiento:
 - a. Falta de personal cualificado
 - b. Falta de información sobre tecnología
 - c. Falta de información sobre los mercados
 - d. Dificultades para encontrar socios de cooperación para la innovación
3. Factores de mercado:
 - a. Mercado dominado por empresas establecidas
 - b. Incertidumbre respecto a la demanda de bienes y servicios innovadores
4. Otros motivos:
 - a. No es necesario debido a las innovaciones anteriores
 - b. No es necesario porque no hay demanda de innovaciones

Objetivo del trabajo:

El objetivo del presente trabajo es determinar cuál de los 3 objetivos que persiguen las empresas influye en mayor medida hacia a la innovación sostenible.

Hipótesis planteada:

Hipótesis: la estructura económica de una empresa es el principal factor para un desarrollo sostenible.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material fue relevado por el equipo de Investigación de econometría dirigido por el Dr. Agustín Álvarez Herranz en la Universidad Castilla-La Mancha (tabla 1). El presente trabajo, formula el modelo estadístico sobre las 3 variables independientes del relevamiento (OE, OA y OS), quedando a futuro un análisis de las variables dependientes que componen el relevamiento.

A continuación, se presentan los siguientes gráficos a modo de visualizar las variaciones desde el año 2009 inicio del relevamiento al 2016. Donde se puede observar aumentos y disminuciones de algunos de los principales factores que influyen a los objetivos del trabajo.

Las empresas que componen dicho análisis son privadas y públicas.

Antigüedad de las empresas:

Las empresas que se relevaron, en su mayoría las componen aquellas que tienen más de 15 años de antigüedad como se visualiza en el siguiente gráfico:

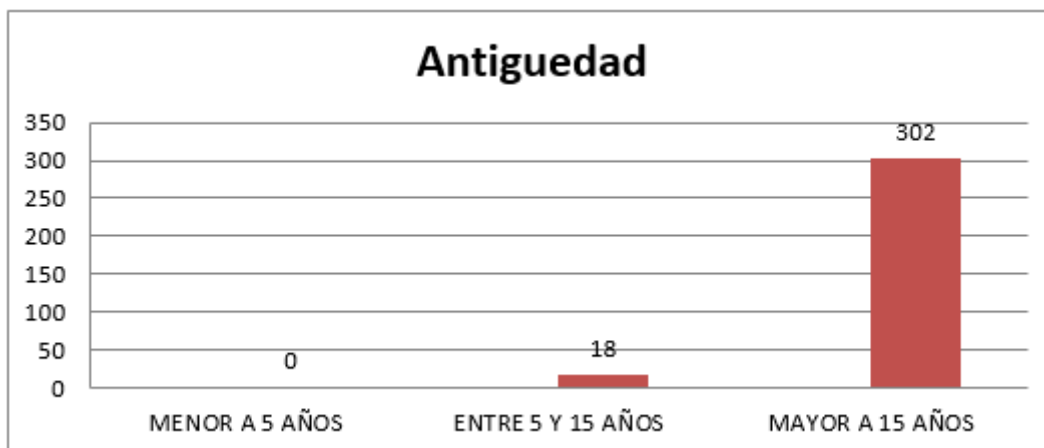


Gráfico 1 Categoría antigüedad

Crecimiento en cantidad de empleados en las 4 categorías presentadas del 2009 al 2016:

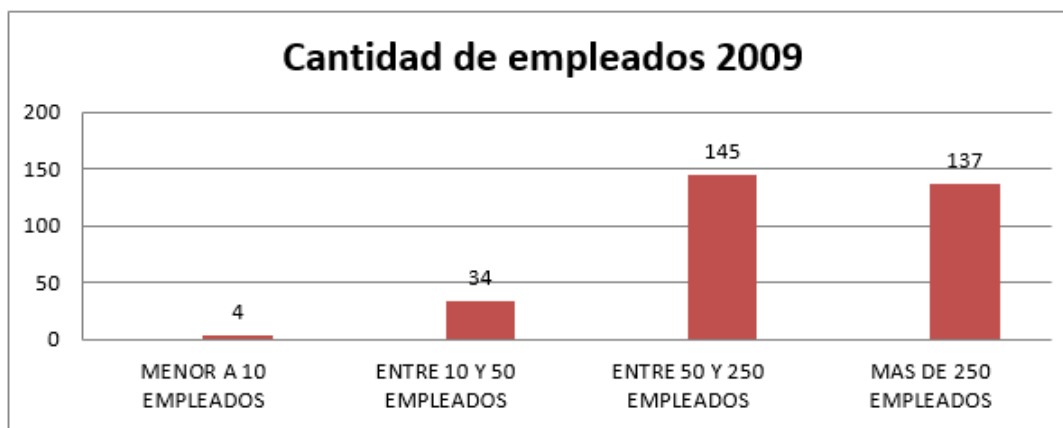


Gráfico 2 Tamaño de empresas por empleados año 2009

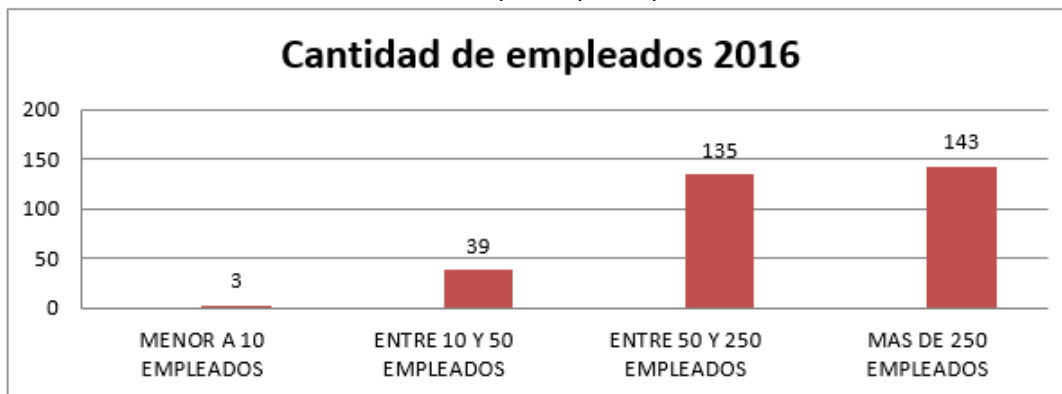


Gráfico 3 Tamaño de empresas por empleados año 2016

Las empresas relevadas crecieron en las categorías aumentando las empresas de más de 250 empleados de la segunda categoría que va de 10 a 50 empleados.

Por último y orientado al objetivo del trabajo se observa en los siguientes gráficos el crecimiento del interés de las empresas en orientarse a la innovación sostenible. A lo largo del estudio:

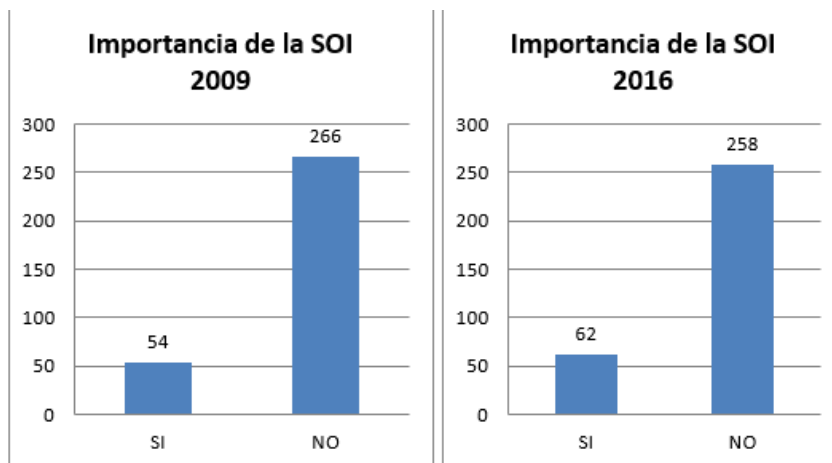


Gráfico 4 Importancia del SOI en los años de estudio

La variable SOI, como se explicó anteriormente, está compuesta por el cumplimiento de los 3 objetivos desarrollados, los cuales explican con sus cumplimientos el crecimiento del gráfico anterior al año 2016.

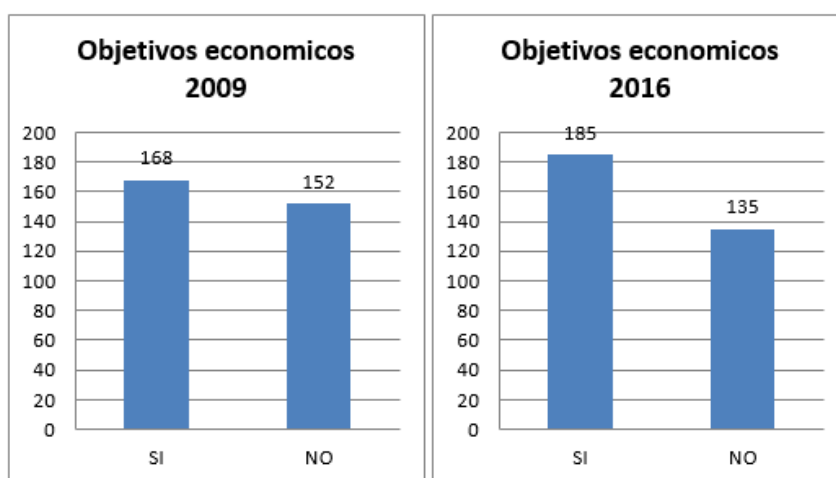


Gráfico 5 Objetivos económicos 2009-2016

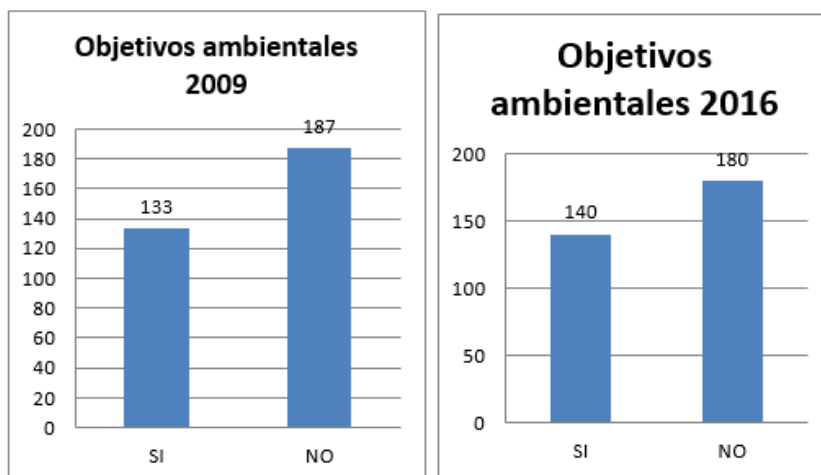


Gráfico 6 Objetivos ambientales 2009-2016

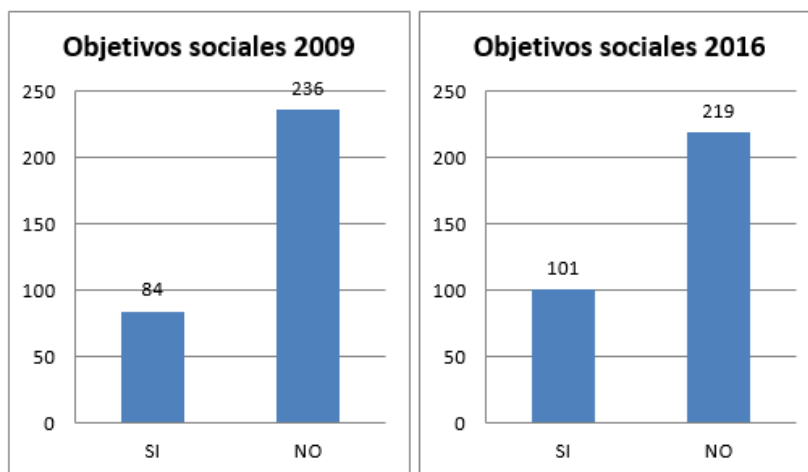


Gráfico 7 Objetivos Sociales 2009-2016

A partir del crecimiento observado en los gráficos de cada objetivo que compone la variable SOI, se realizó un análisis estadístico para evaluar la importancia de cada objetivo planteado como ambiental, social o económico, hacia un desarrollo sostenible. Para esto se decidió aplicar un análisis ANOVA, teniendo en cuenta el criterio de Tookey. En el análisis se realizó un conteo de las empresas que cumplen con cada uno de los objetivos en todos los años en el que se realizó el relevamiento (ver tabla 2). Siendo cada elemento a_{ij} de la matriz la sumatoria de casos que cumplen con ese objetivo en el respectivo año.

Tabla 1 Segmento de Matriz base de datos 102x2560

año	ident	aniocrea	EDAD	MENOR5	ENTRESY15	MAS15	ANTIGÜEDAD	grupo	paiscod	rela	tamano	T1	T2	T3	T4	TAMAÑO	mdolocal	mdonac	mdoue
2009	25	1948	61	0	0	1	3	1	ES	1	141	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	40	1975	34	0	0	1	3	1	PT	4	45	0	1	0	0	2	1	1	1
2009	58	1989	20	0	0	1	3	1	DE	2	31	0	1	0	0	2	1	1	1
2009	66	1991	18	0	0	1	3	1	ES	1	93	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	82	1996	13	0	1	0	2	1	DE	2	129	0	0	1	0	3	1	0	1
2009	95	1964	45	0	0	1	3	1	SE	2	241	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	145	1981	28	0	0	1	3	1	FI	2	69	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	185	1988	21	0	0	1	3	1	NL	2	151	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	249	1993	16	0	0	1	3	1	ES	1	5047	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	255	1919	90	0	0	1	3	1	ES	1	986	0	0	0	1	4	1	1	0
2009	258	1910	99	0	0	1	3	1	ES	1	965	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	266	1920	89	0	0	1	3	1	JP	2	5047	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	275	1921	88	0	0	1	3	1	DE	2	1511	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	277	1922	87	0	0	1	3	1	DE	2	358	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	281	1923	86	0	0	1	3	1	FR	2	3841	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	290	1997	12	0	1	0	2	1	CH	2	958	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	299	1919	90	0	0	1	3	1	US	2	95	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	301	1900	109	0	0	1	3	1	ES	1	944	0	0	0	1	4	0	1	0
2009	312	1933	76	0	0	1	3	1	CH	2	1511	0	0	0	1	4	1	1	0
2009	358	1924	85	0	0	1	3	1	DE	2	862	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	362	1949	60	0	0	1	3	1	FR	2	213	0	0	1	0	3	0	1	1
2009	366	1951	58	0	0	1	3	1	CH	2	644	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	370	1949	60	0	0	1	3	1	ES	1	527	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	380	1955	54	0	0	1	3	1	DE	2	1033	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	387	1950	59	0	0	1	3	1	US	2	1031	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	390	2003	6	0	1	0	2	1	BE	2	90	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	398	1984	25	0	0	1	3	1	CH	2	195	0	0	1	0	3	0	0	1
2009	434	1961	48	0	0	1	3	1	IT	2	376	0	0	0	1	4	1	1	1
2009	435	1961	48	0	0	1	3	1	JP	2	51	0	0	1	0	3	1	1	1
2009	445	1962	47	0	0	1	3	1	BE	2	432	0	0	0	1	4	1	1	1

	OE	OA	OS
Xmedia	182,75	137,25	90,75
Xgmedia	136,916667		
	SCTR	33857,3333	
	CMTR	16928,6667	
	CME	40,97619048	
	F(FISHER) 5%	CMTR/CME	
	3,466800112	413,1342243	
	<		

Se rechaza la hipótesis nula, demostrando que las medias de los 3 objetivos son diferentes.

2.1. Diferencia entre medias, jerarquización de objetivos:

Aplicamos el criterio de Tukey para determinar la magnitud en la diferencia entre las 3 medias de los objetivos, esto permite dimensionar el grado de cumplimiento de los objetivos orientados a la innovación, a largo de los años del experimento.

Ecuación 4 Criterio de Tukey comparación de pares alfa = 5%

$$T = q_{\alpha,c,n-c} \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,06742

Error: 40,9762 gl: 21

Objs	Medias	n	E.E.	
OS	90,75	8	2,26	A
OA	137,25	8	2,26	B
OE	182,75	8	2,26	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Teniendo en cuenta el resultado del Criterio de Tukey, se puede observar como primera conclusión que las 3 medias de los objetivos son diferentes y no existe similitud entre ellas.

2.2. ANOVA a 2 vías, El diseño aleatorizado en bloques:

Este análisis nos permite observar si existe variaciones entre las repeticiones, para el presente caso sería el relevamiento a través de los años. Nos permitiría identificar si hubo un crecimiento en el cumplimiento de los objetivos a través de los años, dado que nos demostraría que existe una variación en los distintos años relevados.

Ecuación 5 Cuadrado Medio del Bloque

$$CME = \frac{SCE}{(c-1)(r-1)}$$

CMBL	
CME	44,36243386

$$CMBL = \frac{SCBL}{r-1}$$

CMBL/CME	1,397042161
Indicador F	2,456281149

NO HAY VARIABILIDAD

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES:

Como se puede observar en los primeros resultados, el indicador F de referencia resulto mayor a la razón CMTR/CME, indicando que la variación entre los tratamientos, para este caso los objetivos, es muy grande, lo que nos indica que hay objetivos que se cumplen en mayor porcentaje que otros a través de los años. Si recordamos la condición para que una empresa esté orientada a la innovación sostenible deberá cumplir los 3 objetivos por igual, es decir tomar el valor 1, con lo cual, si la media de un objetivo comparado a los otros es mayor, significa que aporta más a la sostenibilidad de una empresa, siendo los otros más difícil de cumplir o no es de interés para la empresa.

Ahora se desconoce que media es mayor a las otras, con el cálculo anterior solo se sabe que no existe similitud, para esto se aplica el Criterio de Tukey. El programa utilizado es el INFOSTAT versión 2018, donde devuelve una letra, para cada media, repitiendo la letra para las medias similares, en el análisis devolvió 3 letras diferentes, es decir no existe medias similares y se puede concluir una jerarquía entre los objetivos siendo C la mayor para los objetivos económicos, B los

objetivos ambientales y por último A siendo los objetivos sociales. De esta manera se puede concluir que los objetivos económicos son los de mayor interés y aporte para la innovación.

El siguiente análisis que se aplicó ANOVA para dos vías con el objetivo de determinar si a través de los años existió un aumento del cumplimiento de los objetivos. Como se puede observar la razón CMBL/CME es menor al parámetro F demostrando que no existe variabilidad, lo cual indica que no hubo un aumento o disminución del cumplimiento de los objetivos a través de los años, o no es significativo para el análisis con un 5% de variabilidad.

4. CONCLUSIONES:

En el trabajo se observó la importancia del cumplimiento de los objetivos económicos frente a los sociales y ambientales, esto nos da un punto de partida para iniciar un desglose de los factores más importantes que influyen en el crecimiento económico de las empresas mencionados en la introducción del trabajo, logrando identificar a través de distintos algoritmos que sectores de tecnología apuestan a la innovación, que tamaño de empresa permite mayor innovación, las fuentes de información y capacitación son más relevantes para las empresas y que tipo de mercado exige mayor grado de innovación en las tres áreas mencionadas que llevan a la innovación sostenible.

5. BIBLIOGRAFIA:

Adams, R., Bessant, J., Jeanrenaud, S., Overy, P., & Denyer, D. (2012). Innovating for sustainability: a systematic review of the body of knowledge.

Callon, M. (2001). Redes tecno-económicas e irreversibilidad Redes, vol. 8, núm. 17, junio, 2001, pp. 85-126 Universidad Nacional de Quilmes Buenos Aires, Argentina. Redes, 8(17), 85–126

Galo F (2018) Modelo teórico de innovación sostenible para emprendimientos; Pol. Con. (Edición núm. 15) Vol. 3, No 1 Enero 2018, pp. 89-115 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/casedelpo.2018.3.1.ene.89-115

Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2015). Why sustainability is now the key driver of innovation. IEEE Engineering Management Review, 43(2), 85–91.

Varadarajan, R. (2017a). Innovating for sustainability: a framework for sustainable innovations and a model of sustainable innovations orientation. Journal of the Academy of Marketing Science, 45(1), 14–36.

Wirtz, H. (2011). Innovation networks in logistics-management and competitive advantages. International Journal of Innovation Science, 3(4), 177–192.

El Aprendizaje en PyMEs en tiempos de pandemia

Benegas Miguel; Camblong, Jorge; Chosco Díaz, Cecilia; Jaure Florencia
Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento.
J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Bs. As.
mbenegas@campus.ungs.edu.ar – jcamblong@campus.ungs.edu.ar –
cdiaz@campus.ungs.edu.ar; fjaure@campus.ungs.edu.ar

RESUMEN

La pandemia provocada por el Covid 19, ha cambiado significativamente la vida de todos. Los efectos sociales y económicos de esta emergencia han impuesto a las empresas un cambio de ritmo necesario para enfrentar una de las "crisis del sistema" más violentas desde hace varias décadas. No hay sectores inmunes al Covid-19, aquellas organizaciones que no han sucumbido han tenido que implementar medidas excepcionales, hasta ahora desconocidas en su magnitud. Las empresas tuvieron que revisar los procesos organizacionales tradicionales en unas pocas horas para gestionar las consecuencias en sus operaciones y en toda su cadena de valor. El aislamiento social establecido para frenar el avance de la COVID-19, puso en evidencia que las personas tuvieron la necesidad de poner en juego habilidades transversales, habilidades centrales para el desarrollo del individuo, reutilizables pero no específicas a una única ocupación. Incluyen habilidades digitales; habilidades cognitivas avanzadas; habilidades relacionadas con la función ejecutiva, y habilidades socioemocionales. #QuedateEnCasa, inaugura un nuevo capítulo en la vida de las ciudades, en el comercio, en la industria y en el gobierno, en la vida público-privada. Todo cambió drásticamente y esta situación ha obligado a empresas, trabajadores y gobierno, a adaptarse a una nueva realidad. Pero de esta situación, es posible extraer aprendizajes. En este trabajo se propone analizar la generación de prácticas y procesos de aprendizaje en empresas PyMES. ¿Cómo se adaptaron al contexto generado ante la emergencia por el Covid-19? ¿Cuáles fueron los aprendizajes? Son algunos de los interrogantes que se analizarán.

Palabras Claves: Aprendizaje Organizacional –Pandemia –Desarrollo Organizacional – PyMEs – Oportunidades

ABSTRACT

The pandemic caused by Covid 19 has significantly changed everyone's life. The social and economic effects of this emergency have imposed on companies a change of pace necessary to face one of the most violent "crisis of the system" in decades. There are no sectors that are immune to Covid-19, those organizations that have not succumbed have had to implement exceptional measures, until now unknown in their magnitude. Companies had to review traditional organizational processes in a few hours to manage the consequences in their operations and throughout their value chain. The social isolation established to stop the advance of COVID-19, showed that people had the need to put transversal skills, central skills for the development of the individual, reusable but not specific to a single occupation. They include digital skills; advanced cognitive skills; skills related to executive function, and socio-emotional skills. #QuedateEnCasa, inaugurates a new chapter in the life of cities, in commerce, in industry and in government, in public-private life. Everything changed drastically and this situation has forced companies, workers and the government to adapt to a new reality. But from this situation, it is possible to extract learnings. In this paper it is proposed to analyze the generation of learning practices and processes in SMEs. How did they adapt to the context generated by the Covid-19 emergency? What were the learnings? These are some of the questions that will be analyzed..

Key Words: Organizational Learning - Pandemic - Organizational Development - SMEs - Opportunities

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene por objetivo presentar avances en el marco de un proyecto de investigación sobre PyMEs argentinas como agentes educativos que enseñan y aprenden, en particular, nos interesa analizar en este artículo la generación de prácticas y procesos de aprendizaje en empresas PyMES en el contexto del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO). Nuestros interrogantes son ¿Cómo se adaptaron al contexto generado ante la emergencia por el Covid-19? ¿Cuáles fueron los aprendizajes?

Conformados como un equipo interdisciplinario, entre administradores e ingenieros, se comenzó a estudiar a las empresas PyMEs y sus procesos [1y2], desde diversos enfoques y abordajes. Esto nos permitió indagar de qué manera el contexto del ASPO ha promovido aprendizajes, evidenciado resistencia al cambio y adaptación, actualización tecnológica, el nivel de actividad, el estado anímico de las personas y las relaciones humanas, tanto en PyMEs, industrias y comercios del conurbano bonaerense (norte, este, oeste).

2. MARCO CONCEPTUAL

En una época marcada por cambios constantes, una mayor creación de valor en los procesos de producción de bienes y servicios es uno de los principales objetivos de las empresas, constituyéndose en una ventaja competitiva sostenible. Esa ventaja competitiva anhelada está directamente ligada a la capacidad de innovar y producir conocimiento de forma continua. Los procesos de aprendizaje toman así una nueva dimensión, ya que, adecuar los procesos organizacionales a las transformaciones y las nuevas demandas son la única forma de aprovechar la organización. Se busca, de esa forma, la transformación en una organización del conocimiento, en la llamada Organización de Aprendizaje (OA). Y dentro de ese proceso, el Aprendizaje Organizacional (AO) es una de las variables fundamentales para la materialización [3].

El AO es un proceso mediante el cual las entidades, grandes o pequeñas, públicas o privadas, adquieren y crean conocimiento, a través de sus trabajadores, con el propósito de convertirlo en conocimiento institucional, que le permita a la organización adaptarse a las condiciones cambiantes de su entorno o transformarlo, para no desaparecer.

El abordaje desde el aprendizaje organizacional ha sido un tema ampliamente estudiado por diversos autores, para nuestro estudio tomaremos especialmente los aportes de Ernesto Gore y Marisa Vázquez Mazzini [4] [5].

Al respecto, señala Gore [4], que *“... el ambiente organizativo no es educativamente “neutro” y lo que la gente aprende en las empresas se origina, sobre todo, en el mero “estar” dentro de la organización, en trabajar, en convivir y en interactuar.”*

Lo anterior supone que la organización vista como el sistema organizado de personas, es o puede ser descrita como sujeto de aprendizaje. Debe aprender, por ejemplo, a capturar y procesar información del contexto para crecer y sobrevivir, es decir, información vinculada con los distintos mercados que la demanda, regula y proveen. Debe aprender a transformar esa información en procesos, productos, estructuras o prácticas útiles para dar respuesta a esas demandas. Debe aprender, también, a localizar gente, atraerla hacia sí y luego desarrollarla [4].

Ahora bien, para que una organización sea capaz de aprender, se requiere esté integrada por individuos que aprenden. Por lo tanto, para ser sujeto de aprendizaje, la organización debe ser un ámbito que permita que sus miembros aprendan. En este sentido podemos decir que la organización enseña. Enseña a la gente a trabajar junta, a poner su conocimiento al servicio de la misión de la organización y a comunicarse e interactuar más allá de las diferentes funciones y de las diferentes especialidades. Enseña a innovar, a revisar permanentemente lo que se está haciendo y si eso es lo que corresponde hacer. Enseña a detectar errores, a aprender de esos errores y, a veces, a revisar incluso los criterios y valores desde los cuales algo es considerado un error [4].

El conocimiento y el AO son categorías relacionadas que permiten la interacción entre diferentes niveles de la organización. Martínez y Montesinos [6] establecen que la gestión del conocimiento se complementa a través de los procesos de aprendizaje e involucra necesariamente la puesta en acción del conjunto de conocimientos, habilidades y competencias de los integrantes de la organización. Este continuo aprendizaje permite a la organización desarrollar capacidades para adaptarse y anticiparse a los cambios por venir en su ámbito de acción.

Pak y Snell [7] identifican tres formas de aprendizaje: 1) El aprendizaje organizacional espontáneo, en donde se aprende haciendo, a través de transacciones implícitas entre las personas; este aprendizaje es informal. 2) El aprendizaje organizacional formal y autónomo, que ocurre en

contextos de intercambio formales a través del libre intercambio de perspectivas. 3) el aprendizaje organizacional programado, en el cual se plantean objetivos de desempeño, se ofrecen incentivos, se definen sanciones, se transmiten instrucciones; este tipo de aprendizaje implica rutinas, reglas, sesiones de entrenamiento, y tiene un alto grado de estandarización a través de las políticas de la organización.

Las capacidades de aprendizaje están relacionadas con los procesos humanos de la organización y a la existencia de mecanismos que faciliten el desarrollo de destrezas basadas en aptitudes y características personales de los individuos, así como un uso adecuado de los canales de información [8].

Existen diferentes aproximaciones al concepto de AO entre los que es posible destacar:

- La adquisición, difusión y utilización de conocimientos útiles para la organización.
- La intencionalidad en función de mejorar el desempeño, transformar la organización y reforzar con ello las funciones básicas de la cultura organizacional.
- La orientación externa e interna del aprendizaje hacia una mejor relación con el entorno o hacia el desarrollo de la organización misma.
- El contenido u objetivo del aprendizaje organizacional (conocimientos, comportamientos, valores).
- El proceso de aprendizaje que abarca rutinas organizacionales, formas de institucionalización y gestión del aprendizaje, roles de individuos y equipos, estructuras de apoyo, procesos de innovación y mejora.

Para afrontar la crisis, las empresas debieron adaptarse al contexto de manera obligada, subsistieron a partir del conocimiento generado en la acción y sus estrategias conservadas en el ADN empresarial. Esto nos lleva a hablar de la autopoiesis.

Algunos autores nos acercan a comprender el tema de conocer desde la acción y la experiencia, en tiempos turbulentos, durante situaciones de transformación organizacional. Tal es el caso de Maturana y Varela [9] referentes chilenos que escribieron juntos una de las obras más reconocidas a nivel mundial: *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*, en 1983. Se presenta como una visión alternativa de las raíces biológicas de la inteligencia y es central comprender de esta teoría que la biología del conocimiento parte de la constatación empírica de la imposibilidad de distinguir, en la experiencia, entre ilusión y percepción. Por eso, las "explicaciones científicas no explican un mundo independiente, explican la experiencia del observador" (Maturana y Varela, 1996: 30) [9]. La directriz es pensar esa circularidad entre la acción y la experiencia, examinar el fenómeno del conocer al tomar la universalidad del hacer en el conocer. La importancia radica en que el conocimiento es producido permanentemente, y es posible mediante la observación y las explicaciones. Dice Maturana: "El conocer y el conocimiento sobre algo, nos obliga a conocer aún más, nos obliga a tomar una actitud de permanente vigilia sobre las certezas, a reconocer, que nuestras certidumbres no son verdades, como si el mundo que uno ve fuese el mundo y no un mundo" (1984: 162).

Ahora bien, lo central, en esta teoría, es el lenguaje. Es trascendental debido a que permite, por un lado, el "acoplamiento social humano", ya que persigue las relaciones sociales y la supervivencia de la identidad de cada uno, y, por otro lado, permite la reflexividad que da lugar al acto de mirar más allá de una perspectiva, y permite ver que como humanos solo tenemos el mundo que creamos con otros. En ese mirar y escuchar al otro, se admite que, en esa convivencia, hay una aceptación implícita de que el conocimiento es social [10].

El descubrimiento de la autopoiesis como concepto revolucionó la teoría general de sistemas, y el conocimiento de las organizaciones. Para explicar rápidamente esto, se debe reconocer que convivimos en este mundo, entre seres vivos del mundo animal, vegetal, humano, y que cada uno se constituye en unidades que tienen una identidad caracterizada por su reproducción secuencial. Cada ser vivo tiene un ADN o código genético que lo identifica y reconoce, y, por ende, les imprime un modo de conocimiento del mundo, un saber. También posee mecanismos de adaptación, de defensa y de reacción. Entonces, esa capacidad de autonomía y de autorreferencia es la autopoiesis. En ese mecanismo autopoietico, se produce un fenómeno circular: las moléculas forman redes de reacciones que producen a las mismas moléculas de las que están integrados. Esas redes e interacciones que se producen a sí mismas y especifican límites son los seres vivos. Vale decir entonces que los seres vivos se producen a sí mismos [10].

Otras teorías sociales de esta época, que se emparentan con la idea de sistema abierto y autopoiesis, son las de crisis y resiliencia organizacional. Es interesante el planteo que expone Etkin [11] al decir que la mirada desde los ciclos vitales de la organización se enfoca en los desvíos como una enfermedad. De este modo, en algún momento tenderá a entrar en crisis o desaparecerá, en el peor de los casos. Para el autor, una manera de mantener joven a la organización es a través de la

creatividad e innovación. Este enfoque de ciclo de vida es superado por la metáfora de lo viviente que, en la actualidad, se ha actualizado, al estudiar cuestiones como la identidad y la autoorganización: La idea de lo viviente cuando se lleva como metáfora o modelo de análisis de sistemas sociales permite destacar la importancia de los procesos de mantenimiento de la organización. Es una manera de sostener que los cambios ambientales se procesan bajo las reglas de la propia organización, sus propios modos de ver y conocer. La idea de autonomía se prioriza por sobre la determinación externa. El problema pasa a ser cómo el sistema aprende o comprende la realidad, no los hechos en sí mismos, y por eso se afirma que la organización es un contexto de significados compartidos [11].

Para cerrar, consideramos que tanto los marcos desde el aprendizaje organizacional, como de la autopoiesis, y el conocimiento desde la acción nos acercan a interpretar las diversas vivencias de las empresas, emprendimientos, y alianzas de grupos de ventas en tiempos de COVID19. En este marco de significados compartidos, emerge la resiliencia y la superación de las crisis, y las turbulencias. Consideramos que las empresas con trayectoria se apoyan en sus experiencias para poder avanzar y adaptarse permanentemente.

3. METODOLOGÍA

Respecto de la estrategia metodológica, se sigue el enfoque cualitativo y de carácter exploratorio.

Para obtener datos significativos, se realizaron entrevistas semiestructuradas a empresarios, representantes de PyMEs, pertenecientes a distintos sectores, tanto industriales, como comerciales y de servicio. Entre ellos, se puede mencionar al sector metalúrgico, supermercadistas, comercialización minorista de indumentaria, pequeños productores agropecuarios, construcción, servicios de comunicación empresarial, entre otros, buscando de esta manera una muestra amplia en cuestiones de actividades laborales. En todos los casos, nos circunscribimos al Gran Buenos Aires, zonas norte-oeste-este.

El relevamiento consistió en 20 entrevistas personales con los propios actores, a través de la plataforma Zoom, grabándose las mismas y siendo utilizadas para un programa de youtube que el equipo de investigación realiza semanalmente. Rescatamos a estos entrevistados seleccionados por la capacidad empresarial de autopoiesis y las posibilidades para superar situaciones turbulentas.

Entre los aspectos indagados se encuentran el aprendizaje organizacional, la resistencia al cambio y la adaptación, la actualización tecnológica, el nivel de actividad, el estado anímico de las personas y las relaciones humanas.

4. ADAPTACIONES DE LAS EMPRESAS AL CONTEXTO ACTUAL

A partir de la generación de procesos autopoieticos, y de aprendizaje en la acción, las empresas tuvieron que revisar los procesos organizacionales tradicionales para no sucumbir en la crisis, debieron gestionar impactos en sus operaciones y en toda su cadena de valor.

#QuedateEnCasa, hizo cambiar drásticamente la vida, y ha obligado a empresas, trabajadores y gobierno, a adaptarse a una nueva realidad. Pero de esta situación, es posible extraer aprendizajes.

La mayoría de los cambios que las empresas debieron implementar, en cualquier sector industrial, fueron los relativos a la cumplimentación de los protocolos de higiene y protecciones personales. Aquí podemos distinguir dos tipos de tareas: las tareas operativas y las administrativas; en este sentido, también se deben distinguir aquellas empresas con una mayor proporción de tareas productivas que administrativas. Zecler [12], identifica rápidos cambios en la gestión a partir del Home Office, despapeleo, compras digitales, firma digital.

De esta forma, las empresas entrevistadas con una proporción de actividad principalmente operativa no sufrieron cambios tan significativos, más allá de básicos cambios en los que refiere a protocolos de seguridad ante la pandemia.

En cambio, aquellas empresas con una mayor proporción de tareas administrativas sí notaron un impacto sustantivo, ya que, en gran medida, las tareas administrativas fueron virtualizadas por completo, al menos durante los primeros meses del ASPO. Según Barberis, de Manpower Italia, actualizar el parque tecnológico y la preferencia por una infraestructura que prefiera lo "móvil" puede facilitar formas alternativas de trabajar en la oficina de una manera ágil [13]. Entonces, se ha observado que fue necesario que las organizaciones y sus miembros aprendan a trabajar de forma remota, incorporar algunos equipos tecnológicos en los hogares, adaptar sistemas, incorporar archivos compartidos, servidores de datos, etc.

La mayor parte de las empresas industriales relevadas debieron adaptarse a realizar las tareas con mucho menos personal. Dado que todas las empresas tienen una porción del personal dentro de la población de riesgo y, si dicho personal realizaba tareas manuales, esas actividades no es posible realizarlas de forma remota, por lo tanto, es necesario organizar las actividades con una menor cantidad de empleados. Situación que repercute en una mayor carga laboral para el resto de las personas que forman parte de la empresa: sean empleados o dueños.

En muchos casos, las empresas ya venían trabajando planificadamente en los cambios tecnológicos, sin embargo otras debieron precipitar los mismos, realizar inversiones y adaptaciones que se vieron dificultadas por el alto acatamiento del ASPO inicialmente. Sin embargo, según una encuesta reciente de Forrester, sólo el 43% de los encuestados cree que su organización tiene un plan para hacer frente a una crisis como la pandemia COVID-19 [14].

En otros casos, las adaptaciones que fueron necesarias estuvieron vinculadas con aspectos comerciales y asociadas a una reducción muy significativa de sus ventas. Dentro de estos casos, encontramos a empresarios gastronómicos, a empresarios de venta de indumentaria, a pequeños productores y comercializadores de productos agropecuarios. Todos ellos vieron afectados rotundamente sus ingresos cuando se inició la cuarentena. Por esta razón, ellos debieron buscar formas alternativas para poder sobrellevar la situación.

Las estrategias principalmente se basaron en el cambio en cuanto a la comercialización de los productos: potenciando las entregas mediante delivery, takeaway y las ventas a través de plataformas virtuales y/o redes sociales.

Un elemento que ayudó a paliar los problemas iniciales fueron las relaciones de confianza. El hecho de contar con otras personas/empresas resultó ser un elemento fundamental que ayudó a salir de esta situación extraordinaria.

Productores agropecuarios debieron transformar su negocio asociándose con otros productores, para así ofrecer un producto renovado y con entrega a los clientes. Por otro lado, en el caso de los comerciantes de indumentaria, no todos tenían los conocimientos necesarios para realizar las ventas de forma virtual y la ayuda de sus colegas sirvieron para poder iniciarse.

Lo que claramente fue un factor común es un alto impacto, uso y aprendizaje de las herramientas informáticas y de comunicación. Se produjo un cambio paradigmático del formato de comunicación organizacional, validación de procedimientos 100% virtuales, aceptación de formatos escaneados, firmas escaneadas, envío de documentación vía mails, whatsapp y otros formatos que facilitaban la continuidad de las actividades.

5. REINVENTARSE EN LAS CRISIS

En otros casos el ASPO resultó ser una buena oportunidad para potenciar los negocios y reinventarse. Para quienes provienen del sector del marketing digital, en este 2020 tuvieron una aceleración en las consultas para desarrollar los canales digitales; dado que muchas empresas que antes no lo utilizaban, ven la necesidad de reconvertirse ante esta situación.

En general casi todas las empresas valoran positivamente el hecho de haber aprovechado el tiempo y la situación para realizar cursos y capacitaciones que les permitieron adquirir nuevos conocimientos.

Por otro lado, también mencionan como aspecto destacable que las acciones tomadas les dieron la posibilidad de conocer a nuevas personas y, de esta forma, alcanzar nuevos clientes, que prevén mantener para la realidad post ASPO. Una realidad que también se espera que se mantenga en el futuro son los mecanismos actuales de pagos, en donde parece no primar el pago en efectivo, como así también, la preferencia de los clientes de recibir sus productos sin moverse de su casa. Estas parecen ser realidades que el consumidor prefiere.

Por ejemplo, para los supermercadistas locales (medianos o chicos, zona oeste-norte), el ASPO propició una mayor cercanía con los clientes, dado que se podía realizar compras en las cercanías de los domicilios. Así, se realizaban más compras a pequeños supermercados y no tanto a los hipermercados.

Hubo un alto impacto en los sistemas logísticos, principalmente de pequeñas y micro estructuras, este aspecto fue clave en la continuidad de la cadena de abastecimiento no solo entre empresas sino que principalmente en la llegada al consumidor final.

6. APRENDIZAJES EMPRESARIOS EN EL CONTEXTO ACTUAL

En el contexto actual, se puso en evidencia que las personas tuvieron la necesidad poner juego habilidades transversales, habilidades centrales para el desarrollo del individuo, reutilizables pero no específicas a una única ocupación. Incluyen habilidades digitales; habilidades cognitivas avanzadas; habilidades relacionadas con la función ejecutiva, y habilidades socioemocionales. Para Llyc [15], canales, mensajes y enfoques fueron a menudo caóticos, pero los receptores hemos cambiado de piel en este tiempo. Ha aparecido una ciudadanía disciplinada, solidaria y resiliente. No solo nos hemos preocupado por los nuestros y por los demás, sino que además lo hemos reconocido, verbalizado y visibilizado como nunca. Estos días la realidad familiar se ha asomado con frecuencia a nuestras videoconferencias y nos ha vuelto a humanizar, súbitamente y por sorpresa. Hemos aprendido a cuidarnos nosotros para cuidar a los demás

Hasta ahora se hablaba de que las empresas debían orientarse hacia procesos de transformación digital. Hoy, ha sido la transformación digital la que ha ido en busca de las empresas.

Son varios los retos que deben asumirse en este proceso en mayor o menor medida, cuyos aprendizajes estarán marcados por el histórico que cada empresa haya asumido en el pasado y con la visión de futuro que cada una diseñe ante esta situación.

El reto de implementar amplios programas de teletrabajo es, quizá, el más palpable y manifiesto dado que gran parte de nosotros nos hemos visto recluidos en nuestros hogares y, por fuerza mayor, empresas y trabajadores, hemos tenido que asumir el teletrabajo como una forma irreversible de mantener a flote nuestras organizaciones. Si alguien tenía reticencias ante esta forma de trabajar debería ir pensando en que, ésta, se va a convertir en una forma habitual de trabajo.

Los empresarios PyME, manifiestan que se incrementaron significativamente la concreción de acuerdos comerciales a través de mecanismos virtuales. Los mismos consideran que los aprendizajes relativos a la vinculación remota con los empleados, proveedores y clientes es un activo que unánimemente y manifiestan su convicción de que estos cambios vinieron para quedarse y se capitalizarán para la actividad postpandémica.

Esta situación inesperada generó que muchas empresas debieran actualizarse respecto a las herramientas digitales y tecnológicas. En muchos casos ya estaban siendo utilizadas pero sólo en un nivel muy elemental. Por ejemplo, muchas empresas estaban presentes en las redes sociales como una herramienta de promoción, pero no las utilizaban con fines comerciales. Cuestión que actualmente sí fue necesario incluir. Todo este aprendizaje se realizó en tiempo record para poder sobrevivir a esta problemática.

Como ya se ha analizado en trabajos previos en el marco de la investigación, el tránsito en la implementación de sistemas de gestión de la calidad genera un ambiente propicio para el aprendizaje empresarial. Puntualmente, en el marco de esta pandemia una empresa que ya estaba embarcada en la implementación de procesos de gestión mencionó como fundamental el requerimiento que realiza dicho proceso sobre el armado de una matriz de riesgo. El armado preliminar de dicha matriz les permitió pensar en determinadas cuestiones, aunque no puntualmente sobre este tema en particular, lo cual los llevó a haber iniciado la renovación de los sistemas informáticos, con acceso remoto a los mismos, durante 2019. Así los encontró en un proceso ya iniciado, cuestión que les facilitó enormemente el trabajo remoto en aislamiento social.

El trabajo remoto pareciera haber generado una forma de trabajo más orientada a cumplir con objetivos. Es decir, organizándose para cumplir con la tarea requerida y no simplemente pensando en cumplir con una cantidad de horas laborales.

Es claro que conviviremos, en el futuro, con un modelo mixto en el que parte de la jornada la realizaremos desde nuestros hogares y parte en la propia empresa. Se impondrán, definitivamente, modelos flexibles de trabajo. Evidentemente, habrá empresas que, debido a su actividad, deberán enfocar este aspecto de una manera específica (centros de producción, laboratorios, etc.)

Asociado a este reto, las empresas deberán realizar (aquellas que no lo hayan hecho con anterioridad) importantes inversiones en sistemas tecnológicos que favorezcan estos nuevos modelos de trabajo, apostando por la conectividad y la capacidad de las VPN corporativas, como forma de garantizar la protección de los datos relevantes en entornos remotos.

Como es sabido, la transformación digital no es simplemente la implementación de sistemas tecnológicos, sino que, asociado a ellos, se generan nuevos modelos de relación con el mercado,

con los clientes, con los proveedores y con el resto de stakeholders, dentro de un importante y profundo cambio de la cultura empresarial.

El temor a lo desconocido y la falta de opciones generó que todas las personas muestren significativamente menor resistencia a la necesidad de realizar cambios en sus formas de trabajo.

La gente se encuentra más predispuesta al cambio, disminuyó la resistencia, así fue expresado generalmente por los entrevistados. El cambio es una novedad y hasta es bien recibido. El cambio se acepta porque es la única opción. Ciertas herramientas ya se conocían previamente, pero a todos les resultaba más fácil continuar trabajando de la manera habitual. Esta nueva realidad llevó a realizar cambios en un corto tiempo.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo nos propusimos analizar la generación de prácticas y procesos de aprendizaje en empresas PyMES en el contexto de la emergencia por el Covid-19. Nos planteamos dos interrogantes centrales: ¿Cómo se adaptaron a este nuevo entorno? y ¿Cuáles fueron los aprendizajes? Para ello se indagó sobre los siguientes aspectos: el aprendizaje organizacional, la resistencia al cambio y la adaptación, la actualización tecnológica, el nivel de actividad, el estado anímico de las personas y las relaciones humanas.

Luego de realizar las entrevistas personales a los responsables de las organizaciones, es posible plantear algunas observaciones realizadas:

➤ **ASPECTO: Aprendizaje Organizacional**

- Los aprendizajes estuvieron principalmente vinculados al uso intensivo de TICs, a la digitalización de procedimientos que incluyen la mejora y adaptación de procesos administrativos, de gestión, comercial y productiva.
- Fueron importantes también los aprendizajes vinculados al cuidado de la salud y la higiene derivando estos en una mayor responsabilidad en el cumplimiento de los requerimientos de higiene y seguridad laboral.
- Los aprendizajes, especialmente los vinculados a nuevos procesos digitales y/o mecanismos comerciales derivaron en muchos casos en nuevas oportunidades de negocio.
- Resignificaron su ADN con mecanismos autopoieticos, resilientes, y de autoorganización.

➤ **ASPECTO: Resistencia al cambio y adaptación**

- Las resistencias, especialmente vinculadas al uso de la tecnología y a los cambios de procedimientos, se manifestaron principalmente al principio del ASPO y fueron desapareciendo con el correr de los días. Finalmente, las personas adoptaron los cambios y han llegado a valorarlas dado que los mismos permitieron la continuidad laboral.
- Nuevas tendencias que se impusieron durante el ASPO llegaron para quedarse: el trabajo de forma remota o home office o las nuevas formas de comercialización persistirán como así también los procesos digitales que han sido implementados.

➤ **ASPECTO: Actualización tecnológica**

- La inversión necesaria para la digitalización y la adaptación de los procesos de las empresas es valorado por los responsables de las firmas en función de las perspectivas en un futuro inmediato post pandémico.

➤ **ASPECTO: Nivel de actividad**

- En general, el ASPO ha tenido un fuerte impacto negativo en el deterioro de la actividad de las empresas. Pérdida de sinergias y fortaleza económico-financiera.

➤ **ASPECTO: Estado anímico de las personas**

- El ASPO ha impactado negativamente en las personas. Sentimientos tales como el desánimo, el bajón anímico, la desazón, y principios de depresión se han manifestado en reiteradas oportunidades.

➤ **ASPECTO: Relaciones humanas**

- A pesar de las dificultades que implican las relaciones humanas en la virtualidad, se han manifestado fuertemente cuestiones vinculadas al compañerismo, las ayudas solidarias, la asistencia en cuestiones vinculadas a los cambios de procedimientos, etc.

Se podría evidenciar que, pese al fuerte impacto negativo en lo económico, anímico, físico de las organizaciones y personas, los cambios, forzados y violentos que se produjeron, tienen importantes

aspectos positivos que todo indica aparecieron para formar parte de cambios paradigmáticos que continuarán en el futuro.

Estos tiempos de ASPO, son tiempos turbulentos, tiempos de gran incertidumbre, que implicaron necesariamente situaciones de transformación organizacional en las PyMEs. Esta situación ha impulsado, en la mayoría de las empresas, lo que los autores denominan conocer desde la acción. Ellos explican la existencia de una circularidad entre la acción y la experiencia, examinar el fenómeno del conocer al tomar la universalidad del hacer en el conocer.

Las limitantes impuestas por el ASPO se suman a las dificultades estructurales de institucionalizar prácticas que garanticen el aprendizaje organizativo especialmente en las PyMEs. Esto se debe precisamente a las limitaciones planteadas por sus propias dimensiones y sus recursos limitados que son la causa por la cual en muchas ocasiones los directivos de estas organizaciones no se plantean la necesidad de implantar prácticas formales de aprendizaje organizacional.

Como equipo de investigación advertimos la necesidad de realizar nuevas aproximaciones a la literatura sobre aprendizajes, riesgos, asociatividad e identidad. Principalmente, las cercanas a los campos de conocimiento de la administración, la ingeniería, la sociología, entre otras. La pandemia puso en evidencia que, a partir de una crisis sanitaria y social, de nivel local y global, exige nuevas estrategias de supervivencia. Esto, exige nuevas miradas desde la academia para poder analizar un fenómeno completamente nuevo, nunca antes vivido.

8. REFERENCIAS:

- [1]. Benegas, M., Chosco Díaz, C., Jauré, M. (del 29 al 31 de julio de 2020) Una aproximación teórico conceptual de las PyMEs como un agente educativo en la sociedad del conocimiento. 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Congreso llevado a cabo en Buenos Aires, Argentina.
- [2]. Benegas, M., Chosco Díaz, C., Jauré, M., Rossati, R. (10 de septiembre de 2019) PyMEs argentinas como organizaciones que enseñan y aprenden. Lecciones aprendidas en empresas industriales e intensivas en conocimiento. VII Congreso Internacional en Análisis Organizacional. Congreso llevado a cabo Ciudad de México, México.
- [3]. Carvalho, F., & Rego, S. (2017). Pilares de uma Organização de Aprendizagem: Estudo em um Câmpus Universitário. Revista de Administração IMED, 7(2), 50-70. doi: <https://doi.org/10.18256/2237-7956.2017.v7i2.1557>
- [4]. Gore, E. (2004). Educación en la empresa, La: Aprendiendo en contextos organizativos. Buenos Aires: Ediciones Granica.
- [5]. Gore, E., & Vázquez Mazzini, M. (2013). Hacer visible lo invisible por. Buenos Aires: Ediciones Granica.
- [6]. Martínez, G., & Montesinos, R. (2004). La Gestión Del Conocimiento En La Generación De Ventajas Competitivas Para. Memorias de Congreso Anual Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas. México.
- [7]. Pak, C., & Snell, R. (2003). Programmed, Autonomous-Formal and Spontaneous Organizational Learning. British Journal of Management, 14, 275–288.
- [8]. Arceo, G. (2009). El impacto de la gestión del conocimiento y las tecnologías de información en la innovación: un estudio en las PYMEs del sector agroalimentario de Cataluña. Tesis Doctoral.
- [9]. Maturana, Humberto y Varela, Francisco (1996). El árbol del conocimiento: las bases biológicas del conocimiento humano. Santiago de Chile: Universitaria, 30.
- [10]. Mirtha Anzoátegui, M., Chosco Díaz, C.; Szlechter, D. y Berman, R. (2020). Las perspectivas sistémicas La construcción del conocimiento sobre los sistemas organizacionales desde un abordaje interdisciplinario y descolonializado: una propuesta de abordaje desde el Sur. Teorías de las organizaciones : un enfoque crítico, histórico y situado / Sergio Agoff ... [et al.] ; coordinación general de Diego Szlechter. - 2a ed ampliada. - Los Polvorines : Universidad Nacional de General Sarmiento.
- [11]. Etkin, J. (2000). Política, gobierno y gerencia. Buenos Aires: Prentice Hall.
- [12]. Zecler, E, (8 de mayo de 2020), Cambio Organizacional violento, inmediato y descentralizado, El economista América, Chile.
- [13]. Barbieris R, (2020), El mundo del trabajo en tiempos de COvid-10, ManpowerGroup, Italia.
- [14]. Kark y Otros, (2020), Personas, tecnología en el camino hacia la resiliencia organizacional, Deloitte, Canada.
- [15]. Llyc (Junio de 2020), COVID-19, Series y desafíos, Llorente y Cuenca, Madrid – España.

Vinculación Colaborativa en Tiempos de Aislamiento Social

Villanueva, Bárbara*; Michalus, Juan Carlos⁽¹⁾; Arciénaga Morales, Antonio

*Facultad de Ingeniería. Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta
Universidad Nacional de Salta (UNSa).
Av. Bolivia 5150. villanue@unsa.edu.ar.*

*(1) Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Juan Manuel de Rosas 325.
Oberá- Misiones, Argentina*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°2**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/issue/view/3>

RESUMEN

El proceso de aislamiento social puso de manifiesto la necesidad de generar respuestas innovadoras para afrontar diversas situaciones.

Este cambio de paradigma mundial reveló que la vinculación colaborativa de diversos agentes resulta más eficiente y eficaz que buscar soluciones en forma disociada.

Es por ello que la vinculación de lo académico-científico con la salud pública pudo resolver carencias de recursos y equipamientos. La vinculación del Estado con las empresas buscó encontrar soluciones inteligentes para los meses improductivos. Y en todos estos procesos, la solidaridad y compromiso de las personas, tanto en forma individual o colectiva, fue el factor fundamental que posibilitó aplanar la curva de contagio y atender las necesidades de los grupos vulnerables, entre las cuestiones más relevantes.

En el marco de una investigación que se está desarrollando en colaboración entre docentes de las Facultades de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa.) y la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), fue posible aportar con entidades intermedias en la tarea de recopilación de información. De esta manera, se colaboró en la generación de soluciones y oportunidades a las empresas y organizaciones que dependen de ellas.

Tal fue el caso del trabajo colaborativo entre el equipo de investigadores y Unión Industrial de Salta (UIS) y el Programa de Apoyo Profesional a Pequeños Emprendimientos Salteños (APPES), de la Subsecretaría MiPyMEs y Desarrollo Local, en primera instancia, y luego, con la Municipalidad de Ciudad de Salta.

Con ambas instituciones se trabajó colaborativamente para completar información referida a geolocalización de industrias y comercios y aprovechar este tipo de datos en la generación de oportunidades para el tiempo de aislamiento social.

Palabras Claves: vinculación colaborativa; aislamiento social; geolocalización de industrias y comercios

ABSTRACT

The process of social isolation put into manifest the need of generating innovative answers to face different situations.

This change of world paradigm has revealed that the linking collaboration of various agents results into more efficiency and effectiveness than searching answers in a dissociated way.

That's the reason why the linking of the academic-scientific with public health has been able to solve the lack of resources and equipment. The link between the State with private business has worked to find smart solutions to the unproductive months. In all of these processes, solidarity and commitment, both individually and collectively, has been the fundamental factor that allowed to flatten the contagion curve and attend to the needs of vulnerable groups, among the most relevant issues. Within the framework of a research in development in collaboration between teachers of engineering schools from Universidad Nacional de Salta (UNSa) and Universidad Nacional de Misiones (UNaM), has been possible to contribute with intermediate entities in the task of information gathering and opportunities to firms and organizations that depend on them.

Such was the case of the collaborative work between the researching team with three other institutions: Union Industrial de Salta (UIS); APPES and Municipalidad de Salta.

With every institution we had worked collaboratively to complete information referred to geolocation of industries and shops, and make the most of this kind of data in the generation of opportunities for this time of social isolation.

Keywords: linking collaboration, social isolation, geolocation of industries and shops.

Análisis de un modelo de planificación con abordaje estratégico para ferias francas de la provincia de Misiones

Yasinski, Sonia Ester*; Michalus, Juan Carlos; Mantulak Mario José

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Oberá, provincia de Misiones, Argentina.

yasinskisonia@gmail.com, michalus@fio.unam.edu.ar, mantulak@fio.unam.edu.ar

RESUMEN.

Las ferias francas son organizaciones de productores que se caracterizan principalmente por comercializar de manera conjunta alimentos producidos en sus propias tierras. Pertenecen a los denominados “sistemas alternativos de comercialización de alimentos” y aportan experiencias que favorecen al desarrollo local.

El presente artículo tiene por objetivo realizar una revisión de las prácticas reportadas en la literatura, en relación con una serie de procesos comunes como son: sistemas de producción, transporte, organización y comercialización, y compararlas con respecto a las ferias francas. Se utilizó una metodología de investigación basada en la revisión de investigaciones previas relacionadas al tema. Para complementar la recolección de información se realizaron encuestas a productores y clientes, además de entrevistas a los principales referentes de las ferias francas de la provincia de Misiones. Existen varios modelos alternativos de comercialización cada uno caracterizado de manera particular, la mayoría carecen de estructuras organizativas y proponen cooperar con uno o dos actores solamente. Sin embargo el modelo de gestión propuesto para las ferias francas se considera superior por proponer una herramienta metodológica dentro de una estructura organizacional ya conformada que les permitirá a la organización de productores mejorar su condición de operación a través de la cooperación de diversos actores locales, del uso de la planificación estratégica como herramienta y la innovación tecnológica.

Palabras Clave: Agricultura Familiar; Modelos alternativos de Comercialización; Ferias Francas; Procesos.

ABSTRACT

The Farming Market are producer organizations that are characterized mainly by jointly marketing food produced on their own lands. They belong to the so-called “alternative food marketing systems” and provide experiences that favor local development.

The objective of this article is to carry out a review of the practices reported in the literature, in relation to a series of common processes such as: production, transport, organization and marketing systems, and to compare them with respect to the Farming Market. A research methodology based on the review of previous research related to the subject was used. To complement the collection of information, surveys were conducted with producers and clients, in addition to interviews with the main referents of the Farming Market in the province of Misiones. There are several alternative models of commercialization, each one characterized in a particular way; most lack organizational structures and propose to cooperate with only one or two actors. However, the management model proposed for free trade fairs is considered superior for proposing a methodological tool within an already established organizational structure that will allow the producer organization to improve its operating condition through the cooperation of various local actors, from the use of strategic planning as a tool and technological innovation.

Keywords: Family agriculture; Alternative Marketing Models; Free Fairs; Processes.

1. INTRODUCCIÓN

Entre las diversas definiciones de la agricultura familiar, varios autores [1,2,3,4,5] coinciden en clasificarlos como sistemas alternativos de producción que desempeñan un papel vital en la comunidad agrícola, y desde un enfoque social se consideran como un estilo de vida, en condiciones dignas con la sociedad y el medioambiente.

Esta rama de la agricultura convencional, se caracteriza por producir alimentos en superficies pequeñas de tierra, la unidad doméstica y productiva están físicamente integradas, la mayor parte del trabajo, las gestiones y las inversiones son aportadas por los miembros de la familia, por lo que podría considerarse como una empresa familiar. La producción de alimentos es diversificada, principalmente para el autoconsumo y en caso de excedentes se comercializa de forma individual o asociativa en mercados locales, regionales y ferias [2,4,7-11]. De esta manera, los pequeños agricultores representan cuatro quintas partes de las pequeñas explotaciones agrícolas del mundo y proporcionan más del 80% de los alimentos consumidos en los países en desarrollo [6].

Dentro de la agricultura familiar existen varias alternativas de comercialización de alimentos, estas experiencias asociativas de productores se denominan de diversas formas de acuerdo a la región donde se desarrollan: “redes alimentarias alternativas” (Italia), “Farmer’s Markets” o “Regional food Systems” (Estados Unidos), “Jalisco”, “Xalapa” o “tianguis” (México), “mercados locales” (Ecuador, Colombia y Uruguay) “proyectos alternativos comunitarios”, “emprendimientos autogestionados”, “mercados itinerantes”, “mercado de pulgas”, “mercado de la economía solidaria”, “mercado agroecológico” (Inglaterra), “economías informales”, “bioferias” (Perú), “ferias urbanas” (Cuba), “ferias ecológicas” (Costa Rica, Brasil), “ferias libres” (Chile), “ferias solidarias” (Ecuador), “ferias de la agricultura familiar”, entre otros [12-25].

En Argentina, puntualmente en la provincia de Misiones se identificaron diversas organizaciones de productores denominadas: mercados solidarios, ferias municipales, ferias barriales y las ferias francas, cada una de ellas con diferentes características de acuerdo a la forma de organización, pero con el objetivo en común de comercialización en cooperación entre los mismos productores, y en algunos casos, asociados con otras instituciones locales [2,9,26-32].

Este tipo de organizaciones contribuye al desarrollo territorial, muestran una forma de organización que acerca a los productores y los consumidores, y aportan a la soberanía alimentaria [33,34,35].

Este trabajo toma como referencia a las ferias francas, principalmente por su trayectoria (el 26 de agosto del corriente año cumplieron 25 años de funcionamiento ininterrumpido), por ser un modelo que se replicó en varios municipios de la provincia de Misiones, y posteriormente en otros puntos del país.

Las ferias francas se definen como una asociación de productores que se reúnen semanalmente para comercializar directamente a los clientes los productos alimenticios producidos y elaborados en sus propias chacras. Estas organizaciones surgieron en los años '90, cuando el país atravesaba una situación de crisis, y los productores de materia prima sufrieron un perjuicio importante [3,4,5,12,15].

2. METODOLOGIA

La metodología utilizada en este trabajo es de tipo descriptiva basada en los aportes de Hernández Sampieri et al. [36]. Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos especializadas que permitió recabar información sobre los principales conceptos relacionados con la agricultura familiar, las alternativas de comercialización, y los procesos intervinientes. Se complementó con un relevamiento de campo que permitió conocer las principales características de las ferias francas de la provincia de Misiones. Para finalizar se analizaron y compararon los principales procesos intervinientes con el modelo de gestión estratégico propuesto por el equipo de investigación.

3. DESARROLLO

Cada feria franca se encuentra constituida por los siguientes componentes:

Los **Productores** son los encargados de la producción y traslado de productos agrícolas y sus derivados. Son elegidos y aceptados previamente de acuerdo al reglamento interno de la organización. La **Comisión directiva** está constituida por representantes de los productores, elegidos anualmente por todos los integrantes de la asociación reunidos en asamblea. La comisión directiva tiene una estructura compuesta por el presidente, secretario, tesorero y vocales, a los que se adicionan los revisores de cuenta. Y por último los **Asesores externos** a la asociación que se encargan de brindar un servicio de consultoría, principalmente en el área de contabilidad.

La dinámica de funcionamiento de los principales procesos involucrados en las ferias francas se presenta en la figura N°1.

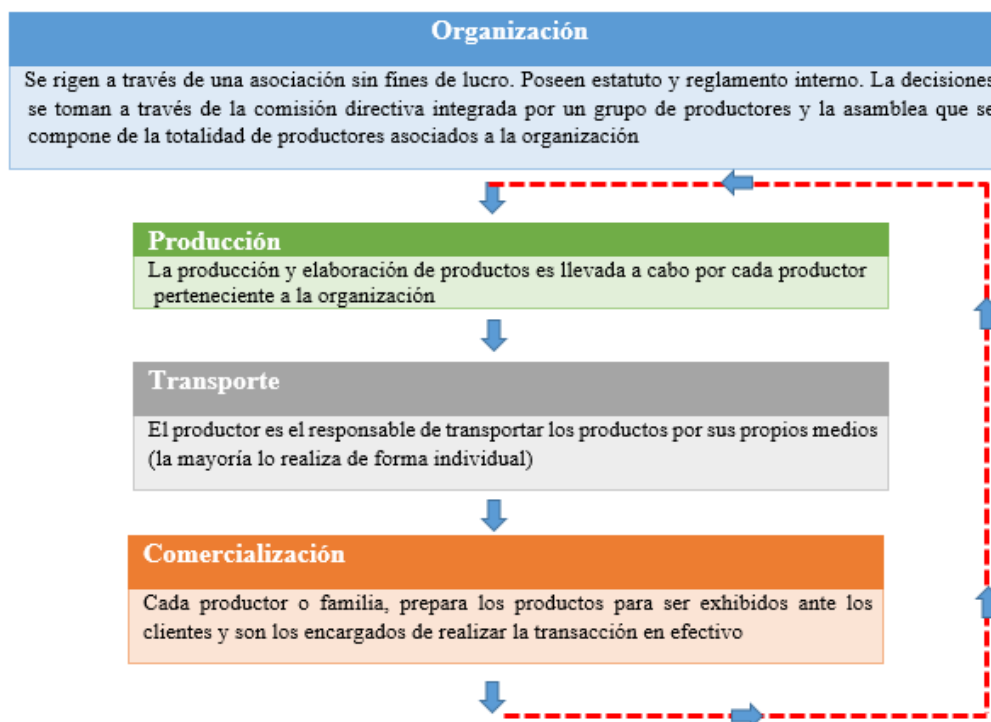


Figura N°1 Procesos existentes dentro de la Feria Franca.

El proceso de “Organización” es de gran importancia, ya que en este nivel se tratan todas las cuestiones administrativas, estratégicas y decisiones tomadas tanto por la comisión directiva como por la asamblea de productores.

El siguiente proceso es la “producción y elaboración de productos”, representa los sub-procesos individuales de cada productor, que produce y/o elabora productos de granja, dentro de sus posibilidades.

Una vez preparado el producto, los mismos productores se encargan de transportarlos hasta la feria. La mayoría de los productores comercializa en la misma localidad donde vive. Recorren una distancia promedio de 30 km, y muy pocos comercializan en más de dos ferias y recorren distancias de hasta 100 km [33].

La comercialización, es el proceso visible de toda la organización. Las ferias de la provincia de Misiones funcionan mayormente los días miércoles y sábados. Los productores exponen sus productos y los comercializan personalmente a los consumidores. Los precios de los productos son establecidos por cada feria franca, y cada una utiliza un criterio propio para ello.

El equipo de investigación ha identificado las principales dificultades que aquejan a estas organizaciones, y se encuentra desarrollando un modelo alternativo de gestión que facilite a las ferias francas mejorar sus condiciones de operación a través de una herramienta metodológica que contempla la cooperación con los actores locales, la planificación estratégica y la innovación tecnológica. En la figura N°2 se presenta un esquema simplificado del modelo propuesto.

En esa figura en primer lugar se delimita el espacio de cooperación de las ferias francas, que no solo representa la cooperación entre productores, sino que además involucra potencialmente una amplia gama de actividades que se pueden concretar entre estos (los productores), con los clientes y otros actores presentes en el ámbito local.

Los principales actores que pueden interactuar con este tipo de organizaciones se han agrupado en: a) representantes del Estado en todos sus niveles (nacionales, provinciales y municipales); b) Academia, que representa las instituciones de educación en todos sus niveles, y los centros de investigación derivados; c) Empresas; y d) Organizaciones Locales con presencia en el territorio, necesarias para fortalecer este tipo de organizaciones y favorecer al desarrollo local.

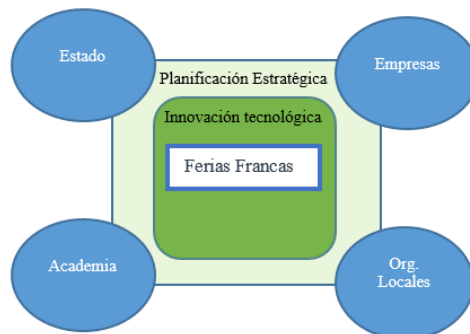


Figura N°2 Esquema simplificado del modelo de gestión aplicable a las ferias francas

La planificación estratégica destaca como una herramienta que interconecta, moviliza, dinamiza la organización de productores y los impulsa a alinear esfuerzos para alcanzar objetivos ambiciosos que permitan el crecimiento contribuya al desarrollo individual, grupal, y del territorio. Asimismo la innovación tecnológica se considera como otro elemento importante para que la organización de productores incorpore nuevos procedimientos y recursos que demandan los cambios que inevitablemente se producen en el entorno. Estos componentes, propuestos a nivel conceptual, se materializan en un “procedimiento general” que el equipo de investigación ha desarrollado, pero que no hacen parte de esta presentación.

La revisión bibliográfica reveló que existen una infinidad de sistemas alternativos de comercialización. Se puede realizar el siguiente análisis. Schmidt et al (2011) [37] investigó un modelo conformado por una organización que funciona como distribuidor local asociado a un grupo de pequeños productores para comercializar y distribuir productos frescos con valor agregado a diversas empresas. Este modelo propone el proceso de producción a cargo de los productores, y el proceso de “distribución y comercialización” es dirigido por otra organización (empresa privada). A diferencia de las ferias francas, donde estos procesos son realizados por los mismos productores. Por su parte, autores como [38] identificaron cinco modelos de negocios viables y sostenibles en la producción de alimentos, clasificados en: (a) micro franquicias, (b) microfinanzas, (c) agricultura cooperativa, (d) desarrollo empresarial, y (e) modelo de subproductor; todos ellos involucran a pequeños agricultores quienes, además poseen acceso a préstamos blandos, insumos y servicios de asistencia técnica en el campo. Este modelo muestra como la participación de varios actores de diversos sectores facilita la transformación del sector productivo.

Otros modelos que promueven la cooperación son los que describe [39] donde (supermercados, cooperativas y productores) cooperan con pequeños productores a través de una iniciativa del sector privado y organizaciones locales con apoyo gubernamental, lo que permite reducir el número de intermediarios, el costo de adquisición y un mejor control en los estándares de calidad y seguridad. Autores como Wijaya et al (2017) [40] desarrollaron un modelo de asociación agrícola ascendente, basado en las prácticas de los pequeños productores y sus redes con la participación de un instituto de investigación, como una forma de gobernanza colaborativa para crear una nueva práctica de gestión más sostenible. Wixe et al (2017) [41] propusieron un modelo que otorga importancia al valor agregado del producto, a través del acceso al conocimiento externo como estrategia para el funcionamiento y supervivencia de los sistemas agroalimentarios.

En la tabla N°2 se aprecian algunos de estos que además son analizados y comparados con las ferias francas a través de una serie de dimensiones/procesos propuestos por los autores.

Tabla N°1 Referencias para interpretar la Tabla N°2.

Amplia similitud	+++	+++
Similares	+	+
Diferentes	+	-
Amplia diferencia	+++	- - -

Tabla N° 2. Análisis comparativo entre los modelos alternativos de comercialización y las ferias francas.

Procesos	Producción	Transporte	Comercialización	Organización	Cooperación	Referencia
Modelo N°						
1	+++ / +++	+++ / +++	+ / -	+ / -	Productores Empresas	Schmidt et al, (2011) [37]
2	+++ / ---	+ / +	+ / -	+ / -	Productores Empresas Estado	Beesabathuni et al, (2018) [38] A
3	+++ / ---	+ / +	+++ / +++	+++ / ---	Productores Empresas	Beesabathuni et al, (2018) [38] B
4	+ / -	+++ / +++	+ / -	+++ / +++	Productores Empresa	Hu,(2015) [39]
5	+ / -	+++ / +++	+ / +	+ / -	Productores Empresa	Beesabathuni et al, (2018) [38] D
6	+ / -	+ / +	+ / -	+ / -	Productores Empresa	Beesabathuni et al, (2018) [38] E
7	+ / +	=	+ / -	+++ / ---	Productores Empresa	Beesabathuni et al, (2018) [38] C
8	+ / +	+ / +	+ / -	+++ / ---	Productores Empresa	Lin et al, (2014) [44]
9	+ / +	+ / +	+++ / +++	+++ / ---	Productores Empresa	Hao , et al (2017) [43]
10	+++ / ---	+ / -	+ / -	+ / -	Productores Empresa Academia	Wijaya et al (2017) [40]
11	+++ / +++	+ / -	+ / -	+++ / ---	Productores Empresa	Wixe et al, (2017) [41]

Los modelos analizados y comparados poseen algunas características similares a las propuestas en el modelo de gestión estratégico de esta investigación como ser; la modalidad de comercialización en conjunto que genera mayor beneficio para los productores [42]; las acciones colectivas con el apoyo de actores externos que mejoran el desempeño de los mercados de los agricultores en términos de calidad de producción, cantidad y ganancias. Además mejoran el suministro de información, lo que permite a los pequeños agricultores decisiones informadas con respecto al precio de los productos u otras cuestiones [45,46,47]; con respecto a la innovación, las organizaciones que están más comprometidas con la interacción externa son más innovadoras. La innovación se mide como nuevos procesos, nuevos mercados, nuevos proveedores, nuevas formas de organización y nuevos distribuidores [41]. Un modelo basado en transporte colaborativo puede reducir la distancia total recorrida, reduciendo así el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque genera una reducción en la autonomía de los agricultores [21,46].

Sin embargo el modelo propuesto para las ferias francas contempla esas características de forma conjunta potenciando el modelo y permitiendo decir que se trata de un modelo superior.

Este modelo propone la cooperación de los cuatro posible grupos de actores: Estado- Academia- Organizaciones locales y Empresa de forma conjunta, siempre y cuando la misma organización de productores lo crea necesario y por medio del uso de una herramienta metodológica que incorpora además la planificación estratégica y la innovación tecnológica elementos que otorgan la capacidad de ir adaptándose y mejorando con el paso del tiempo.

3. CONCLUSIONES

Los modelos analizados poseen diversas características en cuanto a la forma de producción, transporte, comercialización y organización. La mayoría de los modelos proponen cooperar únicamente con uno o dos actores, lo que limita las posibilidades y alternativas de trabajo mancomunado.

El análisis realizado permitió detectar herramientas, y estrategias que podrían adaptarse al caso de las ferias francas, como un sistema de cooperación en el transporte de los productos, nuevas formas de presentar y comercializar los productos (ventas online) entre otras.

El modelo de gestión estratégico organizacional propuesto para las ferias francas permite contar con una herramienta metodológica adaptada para el uso de los productores, donde se considera la cooperación con actores locales, la planificación estratégica y la gestión de la innovación,

características que le otorgan cualidades adecuadas para lograr un mejor desempeño de la organización que decida aplicarlo.

4. REFERENCIAS.

- [1] Grisa, C; Sabourin, E. (2019). "Agricultura Familiar: de los conceptos a las políticas públicas en América Latina y el Caribe". 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe", Santiago de Chile.
- [2] Cittadini, R; Caballero, M y Mainella, F. (2010). "Economía Social y Agricultura Familiar", Buenos Aires, p. 82.
- [3] Coraggio, J. (2011). "La agenda del desarrollo local", Ponencia presentada en el Seminario sobre "Desarrollo local, democracia y ciudadanía", Montevideo, jul-1996.
- [4] Tobar, J. (2011). "Criterios de tipificación y caracterización de la Agricultura Familiar en El Salvador".
- [5] RIA, (2014). "Espacios de Comercialización en Franco Crecimiento", Rev. Investig. Agropecu., vol. 40, n.o 1, pp. 17-21.
- [6] Haugum, M. (2016). "The Network Staircase Marketing and Sales Collaboration for Small Food Producers", pp. 64-75.
- [7] Scheinkerman de Obschatko, E; Foti, M y Román, M. (2016). "Los Pequeños Productores en la República Argentina", 2.a ed. Buenos Aires, 7d. C.
- [8] Pérez Lora, T et al. (2003). "Trueque y Economía Solidaria".
- [9] Colmann, D; Dumrauf, E. (2014). "Ferias Francas y Agricultura Familiar para el Desarrollo Sustentable" | El Paranaense", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://elparanaense.com.ar/ferias-francas-y-agricultura-familiar-para-el-desarrollo-sustentable/>. [Accedido: 28-feb-2017].
- [10] Miller, C; McCole, D. (2014). "Understanding Collaboration Among Farmers and Farmers' Market Managers in Southeast Michigan (USA)", J. Agric. Food Syst. Community Dev., vol. 4, n.o 4, pp. 1-18.
- [11] Rodríguez González, S; Schneider, S y Coelho de Souza, S. (2015). "Reconexión producción-consumo: cambio para la seguridad alimentaria y nutricional y el desarrollo rural", Agron. Mesoam., vol. 26, n.o 2, pp. 373.
- [12] Jolly, D. (2016). "Starting a New Farmers Market", Farmers Mark. Manag. Ser., p. 108.
- [13] Johnson, R. (2016). "The role of local and regional food systems in U.S. farm policy", Local Food Syst. Background, Fed. Policies Programs, pp. 1-63.
- [14] Toader, M; Roman, G. (2015). "Family Farming – Examples for Rural Communities Development", Agric. Agric. Sci. Procedia, vol. 6, pp. 89-94.
- [15] Valle, U; Patiño, G; Samuel, A; Mejía, S; Marco, A y Valle, U. (2008). "Modelo de Gestión del Conocimiento Apoyado en la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva para la Cadena Productiva de la Uva Isabella en...".
- [16] Preiss, P; Charão Marques, F y Wiskerke, J. (2017). "Fostering sustainable urban-rural linkages through local food supply: A transnational analysis of collaborative food alliances", Sustain., vol. 9, n.o 7.
- [17] Corsi, A; Novelli, S y Pettenati, G. (2018). "Producer and farm characteristics, type of product, location: Determinants of on-farm and off-farm direct sales by farmers", Agribusiness, vol. 34, n.o 3, pp. 631-649.
- [18] Watts, D; Ilbery, B; Maye, D y Holloway, L. (2009). "Implementing Pillar II of the Common Agricultural Policy in England: Geographies of the Rural Enterprise Scheme and Processing and Marketing Grant", Land use policy, vol. 26, n.o 3, pp. 683-694.
- [19] Ingram, J; Kirwan, J. (2011). "Matching New Entrants and Retiring Farmers Through Farm Joint Ventures: Insights From the Fresh Start Initiative in Cornwall" UK", Land use policy, vol. 28, n.o 4, pp. 917-927.
- [20] Craviotti, C; Palacios, J. (2013). "La Diversificación de los Mercados Como Estrategia de la Agricultura Familiar", Rev. Econ. E Sociol. Rural, vol. 51, n.o suppl 1, pp. 63-78.
- [21] Sabourin, E; Samper, M y Sotomayor Echanique, O. (2014). "Políticas públicas y agriculturas familiares en América Latina y el Caribe: balance, desafíos y perspectivas", CEPAL, Buenos Aires, p. 300.
- [22] Fuso Nerini, F; Howells, M; Bazilian, M y Gomez, M. (2014). "Rural electrification options in the Brazilian Amazon", Energy Sustain. Dev., vol. 20, pp. 36-48.
- [23] Granja Guerra, E. (2016). "Tema: Modelo de Gestión Agrícola de la Cadena Agroproductiva de la Quinua, Como Herramienta para la Sostenibilidad de la Agricultura Familiar en las Comunidades del Carmen y San Agustín", Universidad de las Fuerzas Armadas.
- [24] Guevara López, S; Romero, M; Matilde, W y Villegas, G. (2017). "Alternativas de Desarrollo Comunitario y Ferias Solidarias en Imbabura", Rev. Publicando, vol. 4, n.o 11, pp. 545-569.
- [25] Mittal, A; Krejci, C. (2017). "A Hybrid Simulation Modeling Framework for Regional Food Hubs", J. Simul., vol. 13, n.o 1, pp. 28-43.

- [26] Escalona Aguilar, M. (2009). "Los Tianguis y Mercados Locales de Alimentos Ecológicos en México: Su Papel en el Consumo, la Producción y la Conservación de la Biodiversidad y Cultura", Universidad De Córdoba.
- [27] García Guerreiro, L. (2008). "De Resistencias, Estrategias y Alternativas: El Caso de las Ferias Francas de Misiones", IX Congr. Argentino Antropol. Soc. Fac. Humanidades y Ciencias Soc. - Univ. Nac. Misiones, Posadas, p. 19.
- [28] Coraggio, J. (2011) "Economía Social y Solidaria: El Trabajo Antes que el Capital" 1.a ed. Quito, Ecuador.
- [29] Cremaschi, S; Bravo, A. (2014). "La Feria Manos de la Tierra Como Canal Alternativo, Potencialidades y Principales Problemáticas. Estudio de caso de Comercialización en el Cinturón Hortícola Platense".
- [30] FAO. (2016). "Agricultura sostenible: Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe".
- [31] Lattuada, M; Nogueira, M y Urcola, M. (2015). "Las Formas Asociativas de la Agricultura Familiar en el Desarrollo Rural Argentino de las Ultimas Décadas (1990-2014)", CIRIEC - España. Rev. Econ. Pública, Soc. y Coop., n.o 84, pp. 195-228.
- [32] Urcola, M. (2018). "El Campo Asociativo de la Agricultura Aamiliar en la Provincia de Santa Fe: del Desarrollo Rural a la Movilización Política (2000-2017)", Población Soc., vol. 25, n.o 2.
- [33] Colman, D. (2009). "Las Ferias Francas, Una Forma de Comercializacion de la Agricultura Familiar", IPAF NEA, Buenos Aires.
- [34] Craviotti, C; Soleno, R. (2016). "Circuitos Cortos de Comercialización Agroalimentaria: un Acercamiento desde la Agricultura Familiar Diversificada en Argentina", Mundo Agrar., vol. 16, n.o 33.
- [35] Arriazu de Sanmarco, L. (2017). "Empresa Agraria Familiar y Desarrollo Sustentable. Marco Normativo", p. 10.
- [36] Hernández Sampieri, P; Fernández Collado, R y Baptista, L. (2016). "Metodología de la Investigación" 6a. Edic. México D.F.
- [37] Schmidt, M; Kolodinsky, J; DeSisto, T y Conte, F. (2011). "Increasing Farm Income and Local Food Access: A Case Study of a Collaborative Aggregation, Marketing, and Distribution Strategy That Links Farmers to Markets", J. Agric. Food Syst. Community Dev., vol. 1, n.o 4, pp. 157-175.
- [38] Beesabathuni, K; Lingala, S y Kraemer, K. (2018). "Increasing egg availability through smallholder business models in East Africa and India", Matern. Child Nutr., vol. 14, n.o July, pp. 1-10.
- [39] Hu, J. (2015). "An Innovative Marketing Model for Fresh Produce in China: Farmer-Supermarket Direct Purchase Dinghuan", September 2015, 2015, pp. 29-36.
- [40] Wijaya, A; Glasbergen, P y Mawardi, S. (2017). "The mediated partnership model for sustainable coffee production: Experiences from Indonesia", Int. Food Agribus. Manag. Rev., vol. 20, n.o 5, pp. 689-708.
- [41] Wixe, S; Nilsson, P; Naldi, L y Westlund, H. (2017). "Disentangling Innovation in Small Food Firms: The role of External Knowledge, Support, and Collaboration", CESIS Electron. Work. Pap. Ser. (Paper No. 446), n.o 446, p. 42.
- [42] Millet, C. (2016). "Estrategias de comercialización de pequeños productores agroalimentarios con enfoque agroecológico. Departamento Belgrano, provincia de Santa Fe, Argentina", Universidad Nacional Del Litoral.
- [43] Hao, J; Jinghui; Heerink, N; Heijman, Wim; Bijman, J. (2017). "Cooperative Membership and Smallholder Farmers' Yields and Profits".
- [44] Lin, Y; De Meulder, B; Cai, X; Hu, H y Lai, Y. (2014). "Linking social housing provision for rural migrants with the redevelopment of 'villages in the city': A case study of Beijing", Cities, vol. 40, pp. 111-119.

Reingeniería de Procesos en el ámbito de la Justicia Penal para cambio de modalidad de trabajo por cuarentena

Rodríguez Rey, Julio

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán.
Av. Independencia 1800 (S.M de Tucumán) jrodriguezrey@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN

En una organización pública de servicios, orientada a la prestación del Servicio de Justicia en el ámbito provincial, y en ocasión de la llegada de la Pandemia, se enfrenta la necesidad de una rápida adaptación del formato de trabajo a dos direcciones puntuales: La primera es la elevada demanda de uno de los servicios, que coincide a su vez con ser uno de los más complejos. La segunda dificultad es el aislamiento impuesto por la cuarentena, que forzó a reordenar y modificar los procesos laborales. Para hacer frente a este desafío dual, la organización realizó una reingeniería de estos procesos mediante la utilización de herramientas típicas de la ingeniería industrial. Mediante un análisis de la Cadena de Valor, se estudian los pasos del proceso, identificando las posibilidades de digitalización de cada una de las actividades y proponiendo alternativas a la versión clásica, en coordinación con los encargados y con el área de sistemas. Mediante la Ingeniería de Valor, se realiza un análisis de costos que tiene la particularidad de no presentar estos costos de forma monetaria, sino como una medida de esfuerzo y viabilidad, a los fines de poder aplicar la metodología. La secuencia de la reingeniería realizada cuenta con tres etapas vertebradas por un proceso de mejora continua, en las que se fueron determinando y midiendo indicadores claves de las áreas involucradas y realizando procesos de solución de problemas. Los resultados más importantes del trabajo van en línea con la concentración de tareas relacionadas como medio más apto para equipos pequeños en detrimento de una ultra-especialización, la generación de herramientas informáticas ad-hoc para mecanismos de coordinación de equipos y las mejoras que se lograron con cierta flexibilización que genera la situación.

Palabras Claves: Digitalización – Reingeniería de Procesos – Innovación en procesos – Ingeniería de Valor

ABSTRACT

Process reengineering in the field of Criminal Justice for change of work modality due to quarantine. In a public service organization, oriented to the provision of the Justice Service at the provincial level, and on the occasion of the arrival of the pandemic, the need for a rapid adaptation of the work format to two specific directions is faced: The first is the high demand for one of the services, which in turn coincides with being one of the most complex. The second difficulty is the isolation imposed by the quarantine, which forced the reordering and modification of labor processes. To overcome this dual challenge, the organization reengineered these processes through the use of typical industrial engineering tools. Through an analysis of the Value Chain, the steps of the process are studied, identifying the possibilities of digitization of each of the activities and proposing alternatives to the classic version, in coordination with the people in charge and with the systems area. Through Value Engineering, a cost analysis is carried out with the particularity of not presenting these costs in a monetary way, but as a measure of effort and viability, in order to be able to apply the methodology. The sequence of reengineering carried out has three stages structured by a process of continuous improvement. In each stage, key indicators of the areas involved were determined and measured and problem solving processes were carried out. The most important results of the work are in line with the concentration of related tasks as the most suitable medium for small work teams. The ultra-specialization did not show good performance. The generation of ad-hoc computer tools and circuits for team coordination mechanisms, together with a certain degree of flexibility in the processes, showed highly positive results.

Keywords: Digitization - Process Reengineering - Process Innovation - Value Engineering

1. INTRODUCCIÓN

En el Centro Judicial Capital de la provincia de Tucumán se ha implementado, a partir de Septiembre de 2019 mediante las acordadas 659 y 986 del año 2019, el proceso de oralidad en el fuero de Ejecución de Sentencia. El fuero en cuestión tiene características especiales, ya que en el resto de los procesos penales de este Centro Judicial la implementación de la oralidad se encuentra postergada en más de un año con respecto a la unidad en cuestión. Por consiguiente, Ejecución de sentencias ha debido organizarse prematuramente con este nuevo esquema.

En Ejecución de Sentencias se trabaja con los internos penados en relación a sus garantías y derechos de salud, trato digno, educación y trabajo, entre otros. Asimismo, y en el entendimiento de que el proceso de cumplimiento de condena se orienta a la rehabilitación del condenado a los fines de que pueda reinsertarse adecuadamente en la sociedad, la ley 24.660 [1] establece los pasos de un proceso completo basado en una línea de tiempo de principio a fin de la condena, en la que se van desarrollando diferentes beneficios.

Una cuestión que trata la ley es la modalidad de arresto domiciliario. Esta modalidad se da cuando por alguna razón el cumplimiento de la pena no puede llevarse a cabo en el penal. Por lo general, se debe a cuestiones de Salud o bien a la edad de 70 años o más, momento en el que la ley establece que el cumplimiento de la pena puede hacerse en un domicilio particular siempre que estén dadas ciertas condiciones,

En razón del asueto extraordinario que se dio a partir de la pandemia, se fueron implementando diferentes recursos, de acuerdo a las pautas que fueron arribando en acordadas durante el asueto. En todos estos estadios, se encuentra como un eje común a la preferencia de modalidad oral, acceso virtual y digitalización de las presentaciones; todo ello en pos de poder cumplir con el aislamiento social necesario

En el caso de la oficina de Gestión de Audiencias en los procesos de Ejecución del Centro Judicial capital, desde el mes de noviembre se venía haciendo un trabajo de digitalización de todos los escritos que ingresaban y el almacenamiento de los mismos en el sistema de administración de expedientes (SAE) ya que eso implica múltiples ventajas al proceso, y resulta en consonancia con la implementación de este tipo de oficinas judiciales a lo largo y a lo ancho del país. La preferencia de la digitalización, desformalización y despapelización de los procesos judiciales es un mandato explícito en las leyes que fueron sancionándose en atención a la reforma penal. Entre ellos, cabe destacar la Ley 8934 que manifiesta con respecto a las Oficinas de Gestión de Audiencias lo siguiente: *“Estará sustentada en los principios de jerarquía, división de funciones, coordinación y control y funcionará con criterios de agilidad, desformalización, eficacia, eficiencia, racionalidad del trabajo, responsabilidad por la gestión, coordinación y cooperación entre administraciones, a fin de brindar un acceso jurisdiccional eficaz. Su diseño será flexible”*

Por otra parte, a fines de 2019 la oficina ha solicitado y obtenido la autorización de la inclusión de los procesos penales en un Sistema de autoconsulta web que se puede consultar desde toda la intranet del poder judicial mediante las credenciales de usuario y contraseña adecuadas. Esta característica permitía aliviar el trabajo conocido como consulta de expedientes o compulsas en la mesa de entradas de la unidad.

2. PLANTEO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A raíz de la situación de Pandemia declarada en Marzo de 2020, el día 27 de Marzo del corriente, la Procuraduría Penitenciaria de la Nación ha definido con fecha 27 de marzo del 2020 diferentes características para determinar grupo de riesgo de los internos penados o condenados, alojados en instituciones penales. A consecuencia de esto último, las solicitudes de arrestos domiciliarios y de otras figuras como libertad anticipada y Libertad condicional crecieron de manera desmedida en el fuero llevando rápidamente a un colapso de la capacidad. Ante esta situación el equipo de funcionarios de la unidad, en reuniones virtuales fue cambiando y adaptando los modelos de trabajo, a la vez que se incorporaba personal que había estado sin tareas específicas pues los modelos de trabajo no permitían su inclusión en el proceso en la emergencia.

A fin de ilustrar esta situación, en un período típico de 60 días de operación, en el año 2019 se solicitaron 14 Audiencias por *Libertad Condicional o Asistida*, y solamente dos Audiencias por cambio de modalidad de cumplimiento de pena a *Arresto Domiciliario* [1]. En contrapartida, entre el 22 de Marzo y 22 de Mayo de 20120, se han procesado 174 solicitudes entre ambas modalidades. Esto, analizado de manera comparativa, representa un incremento superior al 1100% para un mismo período. Este análisis por sí solo muestra lo importante del incremento, pero a su vez, debe considerarse lo siguiente: En un período ordinario, gran cantidad de Audiencias son solicitadas por *Salidas Excepcionales* principalmente y luego por Salidas Transitorias. Las primeras, que son las más frecuentes, no requieren mayores informes para su otorgamiento, ya que son situaciones excepcionales como problemas graves de salud de familiares directos, nacimientos, fallecimientos de parientes cercanos, etc. Por disposición de la autoridad Judicial, las Salidas y Visitas se suspendieron a partir del día 17 de Marzo, por lo que estos beneficios se cancelan por la pandemia, y sus solicitudes se contestaban mediante puesta a conocimiento de la resolución. En 60 días del período analizado de 2019 (Octubre y noviembre) se solicitaron 29 Audiencias por Salidas

Transitorias. Este beneficio requiere de 4 a 6, dependiendo si el delito está comprendido o no en el artículo 128 tercer párrafo, 129 segundo párrafo y 131 del Código Penal. En contraparte, los beneficios de *Libertad condicional* o el *Arresto domiciliario* requieren de una instrucción (Trabajo de recopilación, validación y comunicación de informes) del caso mucho más intensa, ya que se necesita la producción de unos 17 informes, a saber: *Situación jurídica, Situación de reclusión, Informes médicos del penal o policía, Informes médicos particulares o sugeridos en el proceso, Conducta, Causas pendientes y Reincidencia, Cómputo actualizado, Informe psicológico, Informe psiquiátrico, Informe social, Informe domiciliario socio ambiental, Conclusión interdisciplinaria, Informe de cumplimiento notificaciones a las víctimas, Patronato: Dispositivos disponibles, Dictamen Médico Forense, Informe en Vistas a Fiscalía, Informes en Vistas a Defensa, Radiografía de Audiencia (Información del caso dispuesta al Sr. Juez en Audiencia)*. Posteriormente a la resolución, deben generarse Oficios: *Acta de Audiencia, Servicio penitenciario y/o Policía, Patronato de internos y liberados, Oficios a diversos organismos*.

Esto implica que, a nivel instrucción, las actuaciones se volvieron en promedio mucho más complejas. Si se suma a este hecho la situación de Pandemia y la imposibilidad de asistir a las oficinas, se puede tener un cuadro de situación que resultó crítico en muchos aspectos.

3. METODOLOGÍA

Para diseñar el proceso se realizaron diversas reuniones entre los involucrados, basándonos en la forma de trabajar anterior, cuando existían los juzgados. Sobre todo, en algunas unidades ya se había implementado de forma parcial el proceso de audiencias. Una vez descrito el proceso anterior, en forma coloquial, se pasa el mismo a visión de procesos [2]. En este sentido, este pase de una visión funcional a una visión de procesos presenta una gran resistencia. Se manifestó de forma intensa una suerte de “regresión” en el sentido de querer a que todo funcionara como antes. En ese punto, se decidió capacitar al personal en algunos aspectos puntuales, como ser gestión de procesos y gestión de valor [3]. Se realizaron 4 sesiones de capacitación, dos para cada temática y luego se volvió a tratar de definir el nuevo proceso. Luego, y habiendo consultado otras implementaciones, el trabajo sobre un proceso “puro”: La Audiencia. De esta forma, resultó más claro seguir definiendo los procesos accesorios y de soporte.

3.1 Cadena de Valor

A los fines de modelar los procesos, hemos tomado la metodología de Cadena de Valor [4]. Este modelo presenta actividades realizadas por la organización que tiene como finalidad determinar el agregado de valor sobre el producto o servicio final. Se definen las siguientes actividades: **Primarias** Se refieren a la creación del servicio, diseño, ejecución y garantía; **Actividades de apoyo**: Son aquellas que no participan directamente en el servicio, pero sirven para a su vez, brindar operaciones de soporte a este proceso principal.

3.2 Gestión de la Calidad

En cuanto a la Gestión de la Calidad en la Justicia, puede verse la gran importancia que manifiesta en ese sentido la *Gestión por procesos*. La Oficina Judicial tiene entre sus finalidades la búsqueda de la Eficiencia y Eficacia. A su vez, éstos poseen dos características relevantes que justifican la necesidad de estudiarlos, por un lado La variabilidad ya que en las diferentes repeticiones se manifiestan ligeras variaciones en las actividades y a su vez, variabilidad en los resultados, que nunca resultan iguales. Por otra parte, La repetitividad. Los procesos se crean para producir un resultado y repetir ese resultado una u otra vez. Esta característica hace que sea muy conveniente trabajar sobre el proceso y mejorarlo. La mejora de procesos presenta un impacto mayor en los procesos más inestables, como es el caso que se presenta en este estudio. La mejora puede verse en calidad intrínseca, disminución de las actividades espurias mejora del componente humano, entre otras. [5]

3.3 Diseño Organizacional

Diferenciación e Integración [6]: La estructura reconoce dos elementos clave: la diferenciación y la integración. La diferenciación es el desglose del trabajo para llevarlo a cabo en una serie de tareas, la diferenciación es la división de la empresa en un determinado número de unidades o procesos, caracterizada por un microentorno diferente y objetivos diferentes. Se puede subdividir las tareas en trabajo realizado según la especialidad. La Diferenciación vertical (jerarquización) implica la división de trabajo por niveles de autoridad, jerarquía o cadena de mando”. Esta instancia permite dividir la organización por “estratos”.

La Agrupación funcional se da cuando se agrupan basándose en las funciones que realizan. Otra posibilidad es cuando los trabajadores de cada unidad deben realizar las mismas o similares tareas.

3.4 La Ingeniería de Valor

El Análisis de Valor fue concebido a principios de los años 1940 por Lawrence D. Miles mientras trabajaba para General Electric, un importante contratista de defensa que enfrentaba la escasez de materiales estratégicos necesarios para producir sus productos durante la Segunda Guerra Mundial. Miles se dio cuenta de que si el valor y las mejoras relacionadas con la innovación pudieran ser sistemáticamente "gestionados", entonces General Electric tendría una ventaja competitiva en el mercado. Con esto en mente, el Sr. Miles aceptó el reto e ideó el concepto de análisis funcional, el cual integró en un proceso innovador que posteriormente denominó Análisis de valor. Miles entendía que los productos y servicios se adquieren por lo que pueden hacer, ya sea por el trabajo que realizan o por las cualidades estéticas agradables que proporcionan. Utilizando esto como su información fundamental, se centró en la comprensión de la funcionalidad del componente que se fabrica. Se preguntó si el diseño podría mejorarse o si un material o concepto diferente podría lograr la misma funcionalidad con mejores costos. Para centrarse en la función se utiliza un verbo y un sustantivo mensurable para caracterizar el beneficio que proporciona a la función un componente determinado. El Análisis Funcional es el fundamento de la metodología de Gestión de valor y es la actividad clave que diferencia este cuerpo de conocimiento de otras prácticas de solución de problemas o mejoras. Durante la Fase de Análisis Funcional del Plan de Trabajo, se identifican funciones que describen la utilidad del proceso bajo análisis. [3]

4. REDISEÑO DEL SISTEMA DE OPERACIONES DE LA UNIDAD

Mediante el análisis de los procedimientos y trabajos en grupos que permiten la mejora continua de los mismos, se fueron definiendo diferentes áreas con diferentes procesos que se formalizaron mediante mapas de procesos y mapas de involucrados para consolidar los mismos. Como primer paso se dispone a cuantificar las cargas de trabajo, a fin de asignar proporcionalmente los recursos e identificar los cuellos de botella del sistema [7]. Como variables significativas se puede ver la cantidad de informes a producir y coordinar, las notificaciones, la cantidad de Audiencias resultantes, la tramitación en audiencias con el magistrado, los tiempos de duración de las actividades, la cantidad de ingresos, etc. Se procede entonces a realizar un cuadro comparativo de la situación del antes y el después.

Con el advenimiento del asueto extraordinario debido a la pandemia, se manifiesta la necesidad de una reestructuración de procesos importante. En ese marco, se vuelven a analizar los mismos creando procesos que fueron rápidamente puestos a prueba e implementando mejoras parciales a los fines de poder contener la elevada demanda que se produjo por la misma pandemia.

Para poder dar solución a este problema lo primero que hizo fue priorizar la salida esperada de los procesos que resultan necesarios indefectiblemente para llevar a cabo la audiencia, priorizando las mismas sobre las otras actuaciones, en un modo de calendarización de la producción [8] que resultara conveniente al sistema. En este sentido pudo verse que la producción y coordinación de informes realizado por la oficina, requería al menos un tiempo de proceso que oscilaba entre 5 y 10 días hábiles, llegando hasta 15 en algunos casos en los que el informe socio ambiental se volvía complejo para su efectiva realización

Se obtiene entonces la siguiente priorización de procesos: 1) Solicitud de informes médicos al Penal, Policía o a los familiares 2) Interacción con Cuerpo médico Forense 3) Producción de los informes del Equipo Interdisciplinario (Interno) 4) Contacto a las víctimas (Obtener la información de la Policía)

4.1 Gestión de Herramientas tecnológicas

A los fines de poder dar respuesta al trabajo remoto el equipo se enfrenta al primer problema, que es la mesa de entradas. En un principio se trabajó mediante el teléfono provisto de la Unidad pero esta modalidad tenía los siguientes problemas: *Solamente puede atenderse desde una única ubicación; Al tener un teléfono de contacto los operadores comenzaron a realizar llamadas de voz y las mismas resultaban difíciles de documentar y de seguir en el proceso, llevando mínimamente a un trabajo extra y una responsabilidad específica a quién las recibía; Si la comunicación se hacía por mensajería de texto, o WhatsApp resultaba también un problema para compartirla con el resto de las personas la unidad; Si bien es cierto algunos servicios de mensajería permiten adjuntar archivos, el volumen de trabajo era tal que la capacidad del aparato se saturaba constantemente.*

Teniendo en cuenta estas circunstancias se optó directamente por cambiar como único método de entrada al correo electrónico esto presentaba las siguientes ventajas: *La capacidad de almacenamiento del correo web es por lo general mayor que la de los teléfonos provistos; El correo web permite ser revisado de forma simultánea en distintas localizaciones pudiendo así colaborar el equipo en este trabajo; Se pueden identificar etiquetas en los correos, permitiendo una derivación más rápida y clara.*

Al formalizar el correo como único medio de entrada de escritos los problemas y errores bajaron de forma significativa. Por otra parte, en general los correos web llevan asociados alguna aplicación de almacenamiento, también en la web, que permitía almacenar los adjuntos y trabajar los casos en distintas carpetas, que a su vez podían ser vistas por los distintos profesionales y adicionalmente,

con algún nivel de seguridad se las podía compartir con los operadores o bien se las adjunta en el correo electrónico. Se trabajó al mismo tiempo para asegurar que los sistemas de autoconsulta estuvieran permanentemente actualizados, con la mayor cantidad de información a los fines de evitar la saturación de los otros canales de comunicación con informes a las partes cuyo volumen de trabajo resultaba muy significativo. Desde la Corte Suprema se decidió tanto en el fuero penal como en los demás fueros, abrir la intranet a los fines de que sea accesible desde los hogares donde se encuentran los integrantes del equipo [9]

Por otra parte, y mediante metodologías de acceso a escritorio remoto, se pudieron conectar terminales de la oficina de tal forma que pudieran ser utilizadas remotamente desde los hogares lo cual agilizó en gran manera el ingreso de las actuaciones en el Sistema de Administración de Expedientes (SAE). Esto tuvo como consecuencia que pudieran ser visualizados en las terminales de autoconsulta prácticamente en tiempo real.

4.2 Primer diseño: Especialización análoga al trabajo en oficina

Se buscó trabajar de una forma análoga a los procedimientos y procesos que se encuentran establecidos en la oficina de forma de mantener en lo posible las cadenas de mandos, las especializaciones funcionales y hasta el organigrama asociado al proceso general [10]. De esta forma se mantienen las funciones de Mesa de Entradas, Ingreso de Casos nuevos, Gestión de Casos, Gestión de Audiencias (que a su vez se divide entre Audiencias de Trámite y Audiencias OGA), Agendamiento y notificación, Redacción de actas y oficios, y por último, Diligenciamiento. En el grupo se distinguen, de acuerdo al cargo y las responsabilidades, dos grupos: los funcionarios o secretarios y los empleados judiciales. Esta propuesta se llevó a cabo mediante una metodología de reuniones en las que se iban manifestando y tratando los diferentes puntos de vista, en analogía a la Metodología Delphi [11]

4.3 Descripción de los procesos

Ingreso y control de casos: El Caso ingresa por algunos de los secretarios, ya sea por correo electrónico, que es lo más deseable o bien por medio de telefonía móvil de la oficina (provisto). **Verificación de Pertenencia:** Se trata de un sub-proceso de Mesa de Entradas, apenas ingresa el caso, los secretarios verifican que el interno pertenece a Ejecución de Sentencias o bien, si está dentro de la lista de ingresos. **Asignación del Caso:** Se trata también de un sub-proceso de Mesa de entradas. Entre los funcionarios se hace una asignación del caso de manera proporcional y el funcionario que tome el caso lo sigue hasta el final. Esta asignación se realiza mediante la planilla que está en línea. Se crea a continuación una carpeta en línea, a fin de evitar errores y de permitir que los contenidos estén disponibles para todos los colaboradores. La Carpeta se antecede por el nombre del Encargado entre paréntesis, de forma de poder identificar fácilmente sus casos y de que, quien lo vea en línea, sepa quién es el encargado del caso. **Seguimiento:** Este proceso está a cargo de cada uno de los funcionarios a lo largo de todo el caso. Dependiendo del pedido que se trate, el funcionario a cargo ubicará la carpeta en línea y dispondrá allí toda la información que tenga del caso. **Gestión de Casos:** Este proceso consiste en la coordinación de los informes del funcionario a Cargo del Caso, quién será encargado de solicitar y producir los informes del caso, culminando en la disposición de los mismos en línea, en la carpeta que se creó para el caso. Cuando estén producidos y verificados todos los informes, el encargado dará el OK para que se solicite Audiencia, ya que puede haber recibido nueva información o directivas del caso. Todos los informes se deben añadir al SAE, que es el sistema base de gestión de expedientes. **Agendamiento y Notificación: Una vez que se haya verificado la factibilidad de pasar a Audiencias,** se agendará la misma y cuando esté fijada, se notificará por mail adjuntando toda la documentación a la notificación a las partes (Defensa y Fiscal típicamente, pero puede ser que debido a las particularidades del caso se deban notificar a otros operadores). En general se envía un **mail a la defensa**, con copia oculta al Fiscal, y así quedan ambas partes notificadas y con toda la información a su disposición. **Audiencias OGA:** La audiencia se lleva a cabo de forma virtual, en principio mediante la aplicación de Skype pero si no funcionara adecuadamente, se procederá a utilizar Hangouts y se grabará en audio mediante la aplicación AudaCity. Unos 30 minutos antes los audiencistas contactarán con las partes a fin de saber que están disponible para las audiencias. Si es primera vez del defensor utilizando la aplicación, se contactará el día anterior. Una vez concluida las audiencias, los Audiencistas redactarán el Acta de Audiencia y realizarán los oficios correspondientes (Comunicaciones derivadas de la resolución del Juez, que está plasmada en el Acta de Audiencia). Esto debe realizarse de la manera más simple posible, en el sentido de copiar la resolución y agregar el encabezado que corresponde, agregando la firma de los funcionarios luego de una revisión. En el que caso de que los oficios estén dirigidos a algún Ministerio o bien a la Corte Suprema de Justicia o a la Justicia Federal, los audiencistas comunicarán esta situación al Encargado del Caso y será este quien oficie finalmente. Los oficios firmados se guardarán en línea en la carpeta correspondiente y se modificará en el formulario el estado del trámite. **Audiencia de trámite:** Este tipo de audiencias consisten en una reunión entre el Encargado de las audiencias de

trámite y el Juez mediante videoconferencia o audioconferencia. La audiencia debe grabarse. Una vez recibida la solicitud de Gestión de Casos se procederá a preparar el caso. Gestión de casos aportará toda la documentación disponiéndose en el Google Drive, en la carpeta que coincide con el nombre del interno, e instruirán al Audiencista acerca de lo que debe consultarse al juez. El Audiencista de trámite generará los oficios y diligenciará los mismos, a no ser que estén destinados a la Corte Suprema de Justicia o a algún Ministro o bien a la justicia Federal, legislatura, etcétera.

Proceso de cierre de caso: En Mesa de entradas se hará un monitoreo de cómo se llevan los casos y se interactuará con el secretario a cargo de tal forma de confirmar el cierre de los casos. Una vez que se han cerrado los mismos se verifica si se cargaron todas las actuaciones en el SAE.

Proceso de ingreso de incidentes y cómputo de pena: Este proceso es un caso especial que utiliza circuitos existentes que se describen a continuación: Se ingresa el caso, si se verifica que no pertenece pero que existe un “pase” a la unidad, que se conoce como “Generación del incidente de Ejecución”, el mismo pasa a un operador en particular de Gestión de casos, que lo ingresará en el sistema y realizará una operación particular conocida como “Cómputo de Pena”, que es un informe en el que se establece una línea de tiempo de la vida del interno de acuerdo a la ley 24.660, cuya finalidad es el acceso gradual a beneficios de ejecución. Luego, se procede a comunicar este informe a las partes.

Solicitud de informes especiales: Se gestionarán como un caso los funcionarios, secretarios. Un mapa de procesos de este enfoque puede verse en la Figura 1.

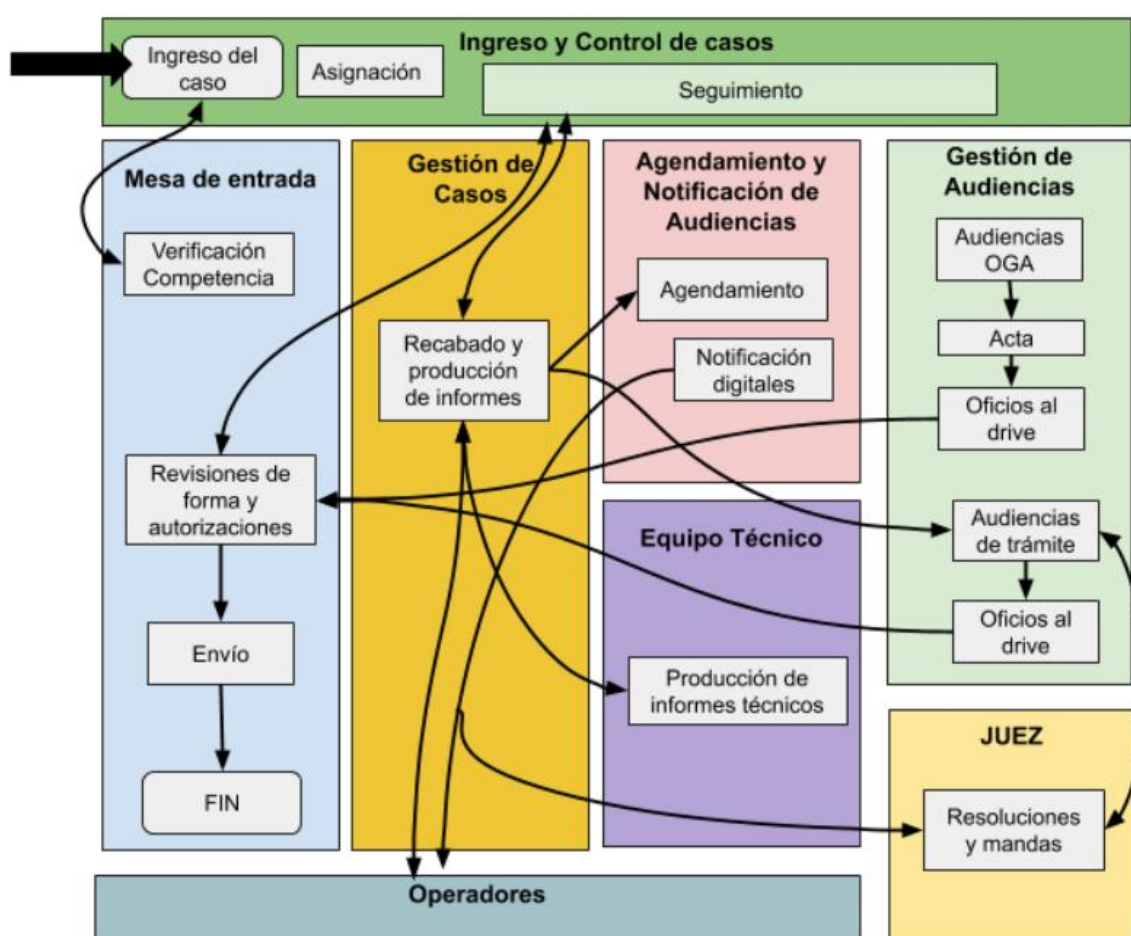


Figura 1 Primer abordaje. Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultados del primer enfoque

Al comenzar a funcionar este esquema pudo verse que se agiliza la gestión, ya que se habían organizado los roles y los circuitos de información correspondiente. Una de las cuestiones más importantes era sin duda la mesa de entradas, ya que fue el proceso que sufrió mayores cambios. Tradicionalmente este proceso implicaba la recepción de expedientes y la digitalización de los mismos para luego disponerlos en un almacenamiento en red que se denominaba “Escritos para ingresar”. Una mejora que ya se había implementado era que además de colocar el escrito digitalizado en línea, se introducía una pequeña descripción en el sistema de administración de expedientes, que daba lugar a la derivación del trámite correspondiente. De esta forma se delegaba la responsabilidad a las partes que siguen en el proceso y se las coloca dentro de mesa de entradas.

Al cambiar esta dinámica con la Mesa de entradas digital se pudo ver que no se realizaban correctamente los seguimientos, y esto a su vez ocasionaba atrasos y complicaciones en el área de tramitación del expediente, conocida también como área de *Gestión de Casos*. Luego de la

tramitación de aproximadamente unos 100 casos, en su mayoría solicitudes de *Arresto domiciliario* que se presentaban como Hábeas Corpus, se pudo ver esta complicación materializada en duplicación o bien falta de algún trámite específico derivado del seguimiento, sobre todo en aquellos casos en los que los operadores no respondían en tiempo y forma. Se decide realizar entonces un análisis de Causa-Raíz.

4.4 Análisis de Causa Raíz

Se realiza entonces un análisis de causa raíz al problema obteniendo los siguientes resultados para la rama principal del problema [8]

Atrasos de algunas Actuaciones/ ¿Por qué? /No llegaron los informes /¿Por qué? / Fueron solicitados de forma errónea / ¿Por qué? / Faltan datos en el pedido (En general del tutor) / ¿Por qué? / La defensa no los presenta / ¿Por qué? / Olvido o alto volumen de trabajo / ¿Por qué?

Baja sistematización por la Situación de Pandemia

Otra Rama: Atrasos de algunas Actuaciones / ¿Por qué? / No llegaron los informes / ¿Por qué? / Equivocación en nombre, tipo de actuación, etc. / ¿Por qué? / Falta de sistematización / ¿Por qué? / Trabajo de Mesa de entradas muy diverso / ¿Por qué? / Alto volumen de trabajo / ¿Por qué? /Pandemia

4.5 Segundo diseño: Agrupación de procesos similares. Eliminación de fronteras

En ambas ramas del análisis puede verse que estas situaciones se podrían evitar con una mayor sistematización en Mesa de Entradas o Ingresos y por lo tanto resultaba necesaria una mayor especialización y procedimentación de las tareas que allí ocurrían [12]. Se decide entonces pasar la tarea de seguimiento a la gestión de casos y especializar al ingreso a los fines de que se trabaje todos los casos formando una carpeta para cada actuación, revisando los contenidos de las mismas antes de derivar e interactuando con la defensa a los fines de lograr la completitud y formalización de la solicitud. Se realiza asimismo el informe de pertenencia a la unidad del interno, mediante el Sistema de Administración de Expedientes [13] de manera de discontinuar el trámite si resultara ajeno a la misma. La derivación a las Audiencias de trámite se realiza en el nuevo esquema directamente desde Mesa de Entradas, ya que la casuística expuso que rara vez necesitaban una gestión compleja como la que haría Gestión de Casos. Por consiguiente, este paso resultaba innecesario y demoraba este proceso, que debe caracterizarse por su celeridad. Otra modificación que se introdujo en el sistema es que tanto la unidad de audiencias, como las de Audiencia de Trámite se encargaban completamente de la Redacción y Diligenciamiento de los oficios de sus respectivas áreas. De esta forma se logra una mayor autonomía y se quita un “cruce de frontera” entre procesos, donde generalmente ocurren retrasos y errores. Luego de este cambio, el proceso queda determinado de la siguiente manera, como puede verse en la *Figura 2*:

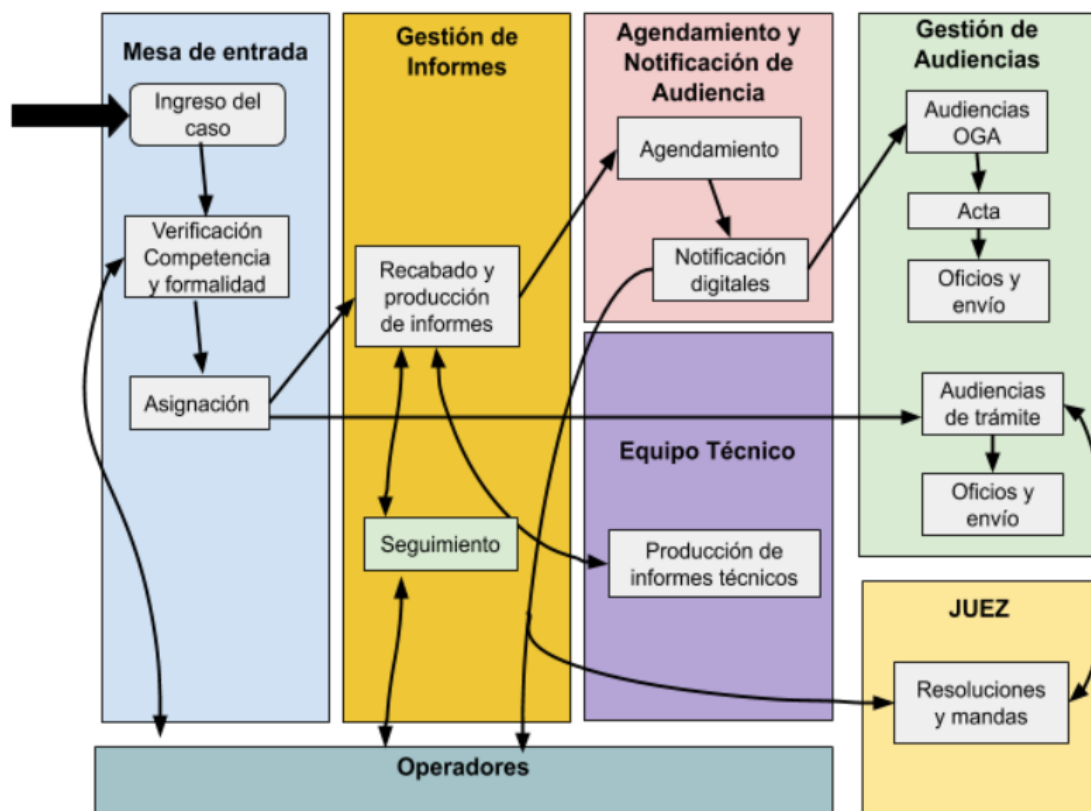


Figura 2. Segundo abordaje. Concentración de procesos. Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS

Podemos dividir los resultados como cualitativos y cuantitativos. Entre los primeros podemos nombrar que en la unidad se lograron competencias de importancia en el manejo digital de las actuaciones, con un nivel avanzado de las aplicaciones de mensajerías, los correos en línea, los almacenamientos en línea y aplicaciones locales accesibles mediante escritorio remoto. Se establecieron reuniones entre los funcionarios, entre los funcionarios y empleados y hasta reuniones entre todos los integrantes de la unidad, implementando una metodología ad-hoc de resolución de problemas. Los resultados cuantitativos fueron evidentes. Se pudo afrontar con un plantel reducido, aislado, y “novato” en estas lides, un flujo de trabajo sensiblemente mayor con un excelente desempeño en lo técnico, ya que se llevaron a cabo todas las audiencias solicitadas con escasos retrasos o errores en el proceso. No obstante, estos resultados fueron posibles con una importante extensión horario, llegando a doblar la jornada laboral típica, sobre todo los primeros 30 días de pandemia, cuando la población susceptible de obtener el Arresto domiciliario parecía ser muy importante. Con el correr de los días y los resultados de las audiencias, en su mayor parte la no-concesión del cambio de modalidad, el flujo de trabajo fue bajando paulatinamente y los procesos, ya más asentados, mostraron resultados más eficientes y eficaces.

4. REFERENCIAS.

- [1] Ley Nacional Argentina 24.660
- [2] Nariño, AH; Rivera, DN; León, AM; León, MM (2013) “Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica Revista de Administração Volume 48, Issue 4, October–December 2013, Pages 739-756
- [3] OkeClinton, Ayodeji ; Aigbavboa, O. *Sustainable Value Management for Construction Projects*, (2017) © Springer International Publishing AG A.E. Oke and C.O. Aigbavboa, DOI 10.1007/978-3-319-54151-8_2 13
- [4] Porter, Michael; Simon, & Schuster. (2011). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Ed. 11th - New York - Free Press.
- [5] Castiglioni, Sara Noemí (2018) Poder Judicial: indicadores de Gestión y Calidad como motor de mejora – Tesis de Maestría - Repositorio institucional abierto
- [6] Parra Moreno, Carlos; Del Pilar, Andrea “Elementos básicos de la estructura organizacional La estructura organizacional y el diseño organizacional, una revisión bibliográfica” *Gestión & Sociedad*, 2009 PP97-108
- [7] Martín Peña, María Luz; Diaz, Eloísa (2016) *Fundamentos de dirección de operaciones en empresas de servicios* books.google.com
- [8] Schroeder, Roger (2005) *Administración de la Producción. Casos y conceptos contemporáneos* - McGraw–Hill. México
- [9] CEJA®; J Arellano; L Cora; C García; M Sucunza (2020) Estado de la Justicia en América Latina bajo el COVID-19 Medidas generales adoptadas y uso de TICs en procesos judiciales-biblioteca.cejamericas.org
- [10] Rodríguez, S. H. (2011). *Introducción a la Administración*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V 5taª Edición Capitulo, 10. – Santa Fe, México
- [11] Hsu, Chia Chien. (2007). “The Delphi Technique: Making sense of consensus”. *Practical Assessment*, 1-8.
- [12] Bolán, Celeste (2014) “La planificación de la Oficina Judicial” INECIP – CEJA Sistemas Judiciales N18 (Buenos Aires) pp15-31
- [13] Corte Suprema de Justicia de Tucumán (2015) Acordada N° 640/15 Sistema de Administración de Expedientes “SAE”

Organización de redes eco-industriales: hacia la necesidad de nuevos modelos de participación y gestión

Chinni, Guillermo Andrés*; Merani, Alberto Antonio;
Toscani Taberna, Natalia Verónica; Buela, Juan José.

*Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.
Champagnat 1599, Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5,
B1630AHU Pilar, Buenos Aires, Argentina.
chinni.guillermoandres@usal.edu.ar*

RESUMEN

Las industrias no suelen lograr los objetivos de sustentabilidad de manera aislada. Las organizaciones están integradas en redes de relaciones, las cuales pueden ser redes sociales, redes de profesionales, redes de empresas o bien redes para intercambio. Los problemas relacionados con la sustentabilidad abarcan una compleja red de actores que comprenden empresas, consumidores, instituciones y organismos gubernamentales, los cuales pretenden colaborar y responder a los problemas brindando soluciones.

Este trabajo tiene como principal objetivo analizar y desarrollar el concepto de interacción de redes entre organizaciones y personas, lo cual se considera como un concepto superador a la tradicional acción aislada de uno o pocos actores para resolver una problemática; en cambio, se propone avanzar en el desarrollo de un modelo en red. Esta tendencia se ha estudiado en el ámbito internacional bajo el concepto de redes eco-industriales o eco-industrial networks, los cuales ofrecen potencial de avanzar en materia de sostenibilidad ambiental. Se incluyen también experiencias realizadas en el partido de Pilar, Buenos Aires.

Palabras Claves: redes eco-industriales, ecoparques industriales, economía circular, simbiosis industrial.

ABSTRACT

Industries often do not achieve sustainability goals in isolation. Organizations are integrated into relationship networks, those can be social networks, professional networks, business networks or networks for exchange. The problems related to sustainability encompass a complex network of actors that consist of companies, consumers, institutions and government agencies, which seek to collaborate and respond to problems by providing solutions.

The main objective of this work is to analyze and develop the concept of network interaction between organizations and people, which is considered an improvement of the traditional isolated action of one or a few actors to solve a problem; instead, it is an advance in the improvement of a network model. This trend has been studied internationally under the concept of eco-industrial networks, which offer the potential to advance in terms of environmental sustainability. Experiences carried out in the Pilar district, Buenos Aires, are also included.

Keywords: eco-industrial networks, eco-industrial parks, circular economy, Industrial symbiosis.

1. INTRODUCCIÓN

Los impactos ambientales globales y crecientes, dan cuenta de la necesidad de optimizar el uso de materiales y energía. En la industria existen múltiples ejemplos exitosos de mejoras tendientes a mitigar estos impactos.

La natural evolución de las iniciativas de mejora, tiende a la cooperación entre empresas, aumentando la eficiencia de sus propios procesos y logrando mejoras que no se podrían implementar sin la cooperación mutua.

Estas acciones orientadas a la sustentabilidad y el bien de la comunidad, se ven reflejada en la transformación de parques industriales que intercambian recursos, conocimiento y experiencia, para constituirse en redes eco-industriales, donde las empresas en mejores condiciones de enfrentar los desafíos ambientales crecientes aseguran su crecimiento y continuidad en el negocio.

El nuevo modelo de gestión que surge con el concepto de ecoredes tiene analogía con los ecosistemas naturales, donde los organismos obtienen beneficios de las relaciones simbióticas y tróficas, en términos de desarrollo y estabilidad del conjunto.

En la Argentina, la gestión de calidad y ambiental, han tomado creciente protagonismo desde mediados de los años noventa, viéndose impulsada por nueva legislación ordenada por normas internacionales certificables y acompañada por una amplia oferta académica y profesional.

La gestión empresarial tiene aspectos comunes, como la generación de residuos, efluentes líquidos, emisiones gaseosas y utilización de recursos energéticos y materiales, coincidencias que favorecen la posibilidad de soluciones compartidas entre distintas empresas, siendo el parque industrial un área propicia para el desarrollo de las mismas.

La comprensión de los beneficios que ofrece la interacción cooperativa entre empresas, sin comprometer sus áreas de negocio, ha dado origen a una administración nueva y exitosa en varios países, transformando los tradicionales parques industriales en eco parques industriales, donde distintas empresas que lo componen, integran a sus procesos una nueva gestión que las articula, intercambiando recursos, conocimiento y experiencia, obteniendo un mejor desempeño en productividad y mitigación de impactos ambientales.

La utilización de términos como integración simbiótica o eco redes industriales propone una analogía entre ecosistemas naturales e integración industrial, donde los componentes del sistema, intercambian, reciclan y reutilizan residuos productos y energía para fortalecer y estabilizar a todo el sistema.

En un sistema industrial los materiales y energía residual o sobrante de una empresa pueden ser revalorizados al ser integrados en un proceso de otra empresa.

Experiencias recientes dan muestra de cómo empresas que comparten un parque industrial pueden trabajar simbióticamente en un sistema integrado junto con la comunidad, autoridades de aplicación, organizaciones no gubernamentales y universidades para lograr objetivos ambientales y económicos [1].

El término *eco*, hace referencia tanto a los beneficios ecológicos como beneficios económicos [2]. Organizaciones tal como las Naciones Unidas (ONU), Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y la Organización Internacional de Estandarización (ISO) incluyen en sus agendas relacionadas con la industria, la reducción de residuos, la prevención de la contaminación y eficiencia energética, dando impulso a los parques industriales a concebir nuevas estrategias para alinearse con objetivos comunes [3].

Las zonas industriales se planificaron originalmente como áreas específicas para desarrollar negocios, integrar servicios y promover la creación de empleo, con lo cual la creación de estas áreas ha promovido hechos positivos para las comunidades involucradas. Sin embargo, el marcado crecimiento que han tenido parques comerciales en la Argentina durante las últimas décadas, así como la creación de nuevas áreas industriales en otras localidades de la Argentina, presentan el desafío de incorporar modelos de gestión que eviten el deterioro de los recursos naturales, preserven la salud de las personas y a la vez generen sinergia en los negocios [4].

2. METODOLOGÍA

2.1. Objetivos

En la actualidad la sostenibilidad y el crecimiento industrial juegan un papel primordial en la minimización de riesgos ambientales y sociales, además de la generación de beneficios para las empresas. Resulta necesario en el contexto actual y futuro hacer frente a los retos ambientales y ecológicos, conservando el rol de estos centros de producción y crecimiento que se organizan habitualmente como parques industriales [5].

Del análisis de la bibliografía internacional se plantea la posibilidad de aplicar un nuevo sistema de gestión en redes para los parques industriales de la Argentina. Se propone adoptar un modelo innovador en áreas industriales, como las pertenecientes al partido de Pilar, Buenos Aires, Argentina, bajo un concepto de redes eco-industriales. Los parques industriales y las zonas especiales de producción han desempeñado un papel importante en el crecimiento económico de

muchas naciones desarrolladas y en vías de desarrollo [5]. Estas zonas proporcionan infraestructura y servicios de negocio según las necesidades de cada zona. Se han convertido en un modelo de éxito para la creación de empleo a gran escala, la transferencia de conocimientos y tecnología, la diversificación de las exportaciones y el desarrollo industrial liderado por la inversión extranjera directa.

El crecimiento sostenido de las áreas industriales para los próximos años plantea interrogantes ante las actuales y futuras necesidades en materia de recursos energéticos, consumo de agua, gestión de residuos y logística, razón por la cual se propone el abordaje de estas problemáticas con un nuevo modelo de organización, control y mejora en la gestión de los recursos, es entonces que se analizar la posible adopción de un modelo de gestión orientado hacia una economía circular o en redes eco-industriales que podría prevenir y evitar hechos irreversibles en materia ambiental, podría reducir riegos, abordar falta de recursos y solucionar problemáticas diversas, como las legales, organizativas y productivas, además de las ambientales.

2.2. Diseño

El diseño de este trabajo se basó en búsquedas bibliográficas, así como en el estudio de casos sobre aplicaciones de eco-redes industriales y conceptos similares. Así mismo, se detectaron casos por medio de búsquedas temáticas y consultas a empresas y cámaras. La búsquedas bibliográficas se realizaron por medio de buscadores académicos, como es el caso de la plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología e Innovación [6], Google Académico [7], así como de Google Argentina [8]. La plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología e Innovación, la cual indexa contenidos en los principales catálogos de publicaciones científicas, para lo cual se ha hecho especial énfasis en aquellas publicadas desde 2016 en adelante; no obstante, se encontraron algunos trabajos previos también que se han considerado. La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología tiene acceso desde instituciones habilitadas a través de Internet al texto completo de revistas científico-técnicas, libros, conferencias y congresos, así como a bases de datos referenciales de gran valor para la comunidad científica. Se emplearon palabras claves como Industrial symbiosis (simbiosis Industrial), eco-industrial networks (redes eco-industriales), network of actors (Redes de involucrados), eco-industrial parks (parques ecoindustriales), circular economy (economía circular).

En cuanto al marco conceptual acorde a los diferentes términos utilizados y referidos en las palabras claves, éstos resultan equivalentes en la bibliografía y se refieren a la posibilidad de organización en redes, ya sea de organizaciones o bien de individuos, lo cual se considera un concepto superador a la tradicional acción particular de uno o pocos actores para lograr un fin; se proponen entonces avanzar en el desarrollo de un modelo en redes. Esta tendencia se ha estudiado en el ámbito internacional bajo conceptos similares como Industrial symbiosis (simbiosis Industrial) Eco-industrial networks (redes eco-industriales), Network of actors (Redes de involucrados) Eco-industrial parks (parques eco-industriales) y circular economy (economía circular), entre otros; los cuales ofrecen el potencial de avanzar en materia de sostenibilidad ambiental por medio de cuatro aspectos [9]: redes de simbiosis, redes de suministro sostenibles, redes de problemas ambientales y redes de soluciones ambientales.

En este trabajo se incluye principalmente el concepto de *redes eco-industriales* en base a lo tratado en la bibliografía internacional como *eco-industrial networks* [9], donde resulta posible la adopción de un modelo en redes entre los involucrados que tienen la posibilidad de conectarse mediante algún proceso industrial donde se busca desarrollar soluciones ambientales, económicas y productivas. La posible adopción de un modelo en redes entre los actores industriales permite evitar hechos irreversibles en materia de gestión ambiental. El no abordaje de esta problemática, el mal uso del recurso agua, por ejemplo, podrían impedir el crecimiento sustentable de los negocios ante su escasez o contaminación, desencadenando problemáticas productivas, ambientales, legales, organizativas, económicas y financieras. La construcción de un nuevo paradigma local es necesario en materia de gestión ambiental y de producción industrial.

Se desarrolló también una metodología de análisis comparado. Los resultados obtenidos en cuanto a los antecedentes y casos se clasificaron temáticamente con el propósito de establecer claramente las principales experiencias, problemáticas y soluciones generadas por medio de sistemas de organización basados en redes eco-industriales.

Para el caso de Argentina se realizaron en el partido de Pilar, Buenos Aires, diversas encuestas, sondeos y encuentros con cámaras y representantes desde el año 2018 para determinar la posibilidad de generar un sistema de ecoredes industriales en la zona y también relevar principales necesidades. Para el caso del presente año, en el marco de la pandemia de COVID-19, se realizó un último sondeo mediante encuestas y encuentros virtuales, los cuales arrojaron resultados preliminares.

3. ECOPARQUES INDUSTRIALES: ANTECEDENTES Y CASOS DE IMPLEMENTACIÓN.

3.1. Experiencia en Dinamarca

La experiencia del parque industrial Kalundborg de Dinamarca [10] se basa en un modelo de eco redes. Se destaca como modelo para la transformación de un parque industrial convencional a un ecoparque. La comprensión de la actividad industrial y su relación con la comunidad forman parte de un sistema único, asimilable al funcionamiento de un sistema natural, el cual considera a las relaciones entre las distintas industrias como relaciones tróficas, con el objetivo de maximizar recursos y minimizar pérdidas en términos, económicos, disposición residuos, generación de efluentes, emisiones gaseosas e impactos ambientales, considerando e incluyendo el bien hacia la comunidad. El corazón de este parque industrial es una planta termoeléctrica a base de carbón, la cual posee como principal desecho el calor residual que es convertido a vapor y transferido a varias empresas aledañas. Así mismo, las cenizas de la combustión del carbón son empleadas por una fábrica de cemento, los óxidos de azufre son recuperados de los gases de combustión y se transforman en sulfato de calcio para ser posteriormente enviados a una fábrica de preformados de yeso.

En la refinería de petróleo ubicada en el mismo parque, los excedentes de gas, en lugar de ser quemados sin aprovechamiento alguno, son utilizados por la planta termoeléctrica y por una fábrica de preformados de yeso. Así mismo, el azufre producido en la refinación del petróleo se utiliza en una fábrica de ácido sulfúrico, mientras que los lodos orgánicos producidos en una granja de peces y una planta farmacéutica se aplican en forma de abono en las granjas agrícolas.

3.2. Experiencias en Italia

El ecoparque industrial, Friuli Venezia Giulia [11] en otro caso de eco-parque industrial donde las empresas tienen una gran capacidad de intercambio entre ellas, por medio de la conformación de un grupo coordinador del ecoparque. Dentro de los principales logros de este ecoparque industrial se destaca la instalación de una planta de tratamiento de efluentes líquidos, utilizando las últimas tecnologías disponibles para ello, dando garantía al cumplimiento de los parámetros de vertido.

El ecoparque industrial de Macrolotto of Prato Textile [11], a través de su grupo coordinador Conser, implementa desde 2012 la compra de vehículos eléctricos y a gas para el transporte de personas y mercadería, los que luego son utilizados por las distintas empresas, obteniendo en un año reducciones de 18 toneladas equivalentes de CO₂.

3.3. Experiencias en Canadá

En Moncton, provincia de New Brunswick (Canadá) [2], se encuentra ubicado el parque industrial Caledonia Industrial Estate, el cual, debido a su creciente desarrollo, fue seleccionado para evaluar su potencial como ecoparque industrial. Como recurso metodológico se instrumentó una encuesta a todas las empresas del parque. El 51 % de las empresas accedieron a participar de la consulta. Los resultados arrojaron que las empresas mostraron dudas o se vieron poco motivadas a realizar inversiones en mejoras de eficiencia energética, debido principalmente a los costos y los riesgos involucrados; sin embargo, se vieron motivados a emplear o participar de herramientas que permitieran a calcular los periodos de amortización de las inversiones, como podría el caso de auditorías energéticas, así como contar con ayuda financiera para llevar a cabo los proyectos.

De las respuestas relacionadas con oportunidades se destacaron el interés en el aprovechamiento del calor de maquinarias, la recuperación de agua caliente para transferencia de calor, el reciclado de productos, el uso eficiente de transportes, el compostaje de residuos, la búsqueda de compradores de productos residuales y desarrollar el uso de pallets usados.

De las implicaciones prácticas del estudio se hallaron algunas estrategias orientadas a fomentar el desarrollo de un ecoparque, aplicables en general, las siguientes:

- Gestión que coordine las actividades eco industriales.
- Simbiosis.
- Eficiencia en la utilización de recursos y el manejo de residuos.
- Eficiencia energética.
- Inclusión y manejo de espacios verdes.
- Necesidad de incentivos financieros.
- Difusión de conocimiento e información (capacitación).

3.4. Experiencias en China

Muchos parques industriales de China poseen una planta de tratamiento de efluentes centralizada, denominada PTEC, que trata los efluentes de todas las industrias del parque. La condición principal es que los vuelcos de cada industria a esta PTEC sean menores a 500 mg/l en términos de la demanda química de oxígeno (DQO), considerado éste el parámetro principal de calidad de efluentes.

Esta planta de tratamiento de efluentes centralizada (PTEC) integra entonces los efluentes de diversas industrias e incluye el principio de ecoparque, principalmente en el sentido que los efluentes

que abandonan el parque industrial no poseen diversos niveles de calidad como si fuesen aislados o independiente, sino que poseen una calidad única al tratarse en un mismo ámbito.

Otro parque industrial, ubicado en la zona de Beijing, es el denominado BDA [12], fundado en 1992, posee un tratamiento centralizado de efluentes a través de una PTEC o planta de tratamiento de efluentes centralizada. Esta PTEC, dentro de sus procesos de tratamiento avanzado, posee una etapa de desnitrificación. En este proceso es donde el nitrito (ion perjudicial en agua de bebida) es transformado en nitrógeno atmosférico, donde entonces el gas nitrógeno (N₂) resulta inocuo para la salud. Dado que el proceso de desnitrificación consume carbono orgánico para llevarse a cabo, se utiliza glucosa como fuente de carbono, aunque se desarrolla la alternativa de reemplazar esta fuente de carbono por efluentes de la industria de alimentos sin tratar y con alto contenido de DBO y alta biodegradabilidad, lo cual generará impacto favorable. En términos económicos el beneficio más evidente es la reducción en el uso de glucosa y el ahorro energético por disminución de operaciones de tratamiento del efluente crudo. En términos ambientales los beneficios se originan en la reutilización de un efluente industrial crudo, la no utilización de un alimento para humanos en tratamientos industriales y una menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

3.5. Experiencia en la Argentina

En el año 2018 se inició un proyecto para gestionar problemáticas ambientales y de negocios en la zona del parque Industrial de Pilar, dado que es considerado uno de los más grandes de Latinoamérica donde además son admitidas las industrias categorías 1 a 3 de Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.), con lo cual ciertos riesgos medioambientales y de gestión se fueron presentando a partir del progresivo crecimiento del parque [4]. Este proyecto se inició desde la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Salvador con foco inicial en la localidad de Pilar, provincia de Buenos Aires. Durante la primera etapa se realizó una recopilación de antecedentes locales donde se detectaron problemáticas asociadas al recurso agua, principalmente en cuanto a que presenta serias limitaciones en la zona industrial de Pilar, así como en los sectores urbanos de esta localidad. Se detectaron problemáticas relacionadas con el uso del agua, como riesgos de contaminación, alteración de napas freáticas, alta demanda estival y mal encamisado de los pozos. El suministro energético es otro recurso crítico asociado a los emprendimientos industriales de gran envergadura, como es el caso del mencionado parque. Si bien se han desarrollado sub-estaciones, todavía no se ha logrado la implementación de energías renovables, como lo determina la ley Ley 27.191.

El objetivo del proyecto consistió en buscar un modelo de organización industrial en diversas zonas y países que pudiese proporcionar un marco innovador e integre el desarrollo de negocios industriales con la gestión ambiental. Este marco podrá proporcionar a los actores locales aspectos fundamentales que deberán tenerse en cuenta en la elaboración de programas de fomento y de gestión de áreas industriales. El proyecto comenzó con la recopilación de antecedentes locales e internacionales y luego con un diagnóstico preliminar, para lo cual se realizaron diversas encuestas, sondeos y encuentros con cámaras y representantes para determinar la posibilidad de generar un sistema de ecoredes industriales en la zona y relevar principales necesidades.

Los sondeos realizados durante 2019 arrojaron los siguientes puntos de interés:

- Las empresas están dispuestas a implantar mejoras a nivel ambiental siempre y cuando haya incentivos para que ellos puedan ocuparse de estos temas, además de su actividad principal, ya sea beneficios en reducción de costos, aumento de ganancias o mejora de su imagen corporativa.
- Las empresas no tienen una cultura de trabajo en red y cooperación. Se gestionan en forma aislada para sus operaciones habituales.
- El desconocimiento en los temas ambientales que deben cumplimentarse genera temores en brindar información que revele datos acerca de sus parámetros ambientales.
- Las cámaras de la zona están abiertas a la participación en un proyecto de redes ambientales.

Durante 2020, en el marco de la pandemia de COVID 19, se realizó otro sondeo mediante encuestas y encuentros virtuales, los cuales arrojaron los siguientes resultados preliminares, al mes de julio:

- Más de la mitad (54%) de los encuestados se encuentra en actividad, para lo cual desea recibir colaboración en liderazgo y gestión del trabajo remoto, transformación digital y gestión del cambio.
- Más de dos tercios (69%) de los encuestados tiene inquietudes en riesgos de contagio COVID-19, establecimiento de protocolos y estrés laboral de los trabajadores.
- Más de dos tercios (68%) de los encuestados tiene interés en capacitarse en el corto plazo en diseño de protocolos, transformación digital y seguridad e higiene.
- Casi el 80% de los encuestados tiene preocupación acerca de sus negocios y la continuidad de sus operaciones
- Durante 2020 la temática ambiental no es la principal preocupación de los empresarios.

Los sondeos realizados entre 2019 y 2020 muestran un cambio de prioridades orientado últimamente hacia la subsistencia de los negocios y a resolver problemáticas relacionadas con la pandemia del COVID-19 y la transformación digital.

4. ORGANIZACIÓN DE UN ECO PARQUE INDUSTRIAL

En la organización de un eco parque industrial existen distintas variables a considerar que se proponen a continuación [13]:

- Proceso de Implementación, este proceso puede originarse por iniciativa propia y espontánea de las empresas o por iniciativa externa, en general las agencias gubernamentales.
- Existencia de una empresa manufacturera grande, que provea al parque de corrientes residuales que puedan ser utilizadas por terceros y que a su vez dirija el proceso de desarrollo del mismo.
- Apoyo del gobierno, es importante que la autoridad de aplicación apoye con políticas que colaboren en el intercambio de subproductos entre empresas y no sea un impedimento.
- Heterogeneidad, en general los eco parques industriales suelen estar conformados por una diversidad de industrias o por una actividad específica. La heterogeneidad es aceptada como una característica que facilita y brinda más oportunidades en el intercambio de flujos de materiales.
- Cooperación, incluye interacción entre empresas, agencias gubernamentales y universidades. La cooperación es crucial en las fases iniciales para desarrollar confianza y una cultura común.
- Compartir información, premisa básica para la integración.
- Compartir servicios, tales como el transporte, mantenimiento, manejo de energía, soporte legal.

Tendiente a promover la sostenibilidad del eco parque a lo largo del tiempo, dentro de las variables relevantes se destacan [13]:

- Intercambio de subproductos, incluyen corrientes residuales, agua, aire, energía.
- Utilización sustentable de recursos, refiere a la relación entre el valor del producto o servicio y sus impactos asociados (uso de materias primas, energía, emisión de CO₂).
- La adopción de la mejor tecnología disponible, que minimice la generación de impactos ambientales y accidentes industriales.
- Eco diseño de producto o servicio para lograr no solo una minimización de impactos en el momento de producción sino también a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio.
- Transporte sostenible, incluye el transporte de materiales (productos o materias primas) y del personal.
- Protección del paisaje, integrando el ambiente natural y las actividades humanas.
- Cumplimiento de legislación ambiental
- Servicios comunitarios en el ecoparque, tales como cantinas, jardines maternos, áreas recreativas, oficinas de asesoramiento sobre impuestos entre otras, pueden tener un gran impacto en el bienestar de los trabajadores.
- Capacitación y entrenamiento del personal conjunto de las empresas del eco parque, donde además de promover una conciencia ambiental en el personal, también promueve la colaboración entre empresas, compartir las distintas culturas y desarrollar nuevas estrategias.
- La participación de la comunidad, en general la comunidad tiene una mirada reluctante hacia los parques industriales debido a efectos en la salud y el ambiente. La participación de la comunidad en seminarios, workshops y otros elementos comunicacionales importantes para generar un clima de confianza.

Como elemento de gestión se destacan Indicadores que dan muestra del grado de desarrollo y la eficacia de implementación de eco parque industrial [14]:

- Conectancia, define el grado de asociación entre las empresas del eco parque.
- Utilización simbiótica, mide la magnitud de la profundidad de relaciones simbióticas.
- Índice de simbiosis industrial: chequea la intensidad de la utilización de recursos en la simbiosis industrial.
- Densidad de relación o enlaces, chequea la densidad de asociación entre empresas.
- Eco eficiencia, evalúa la eco eficiencia de las transacciones simbióticas en función de beneficio económico, consumo de materias primas, energía y emisiones de CO₂.
- Índice de productividad de recursos, evalúa la contribución de la simbiosis en el desarrollo de la economía circular.
- Impacto ambiental, el cual está formado por varios sub indicadores que procuran evaluar los beneficios económicos al no enviar subproductos a rellenos sanitarios, evaluar el costo

de utilización de energía en la reutilización de subproductos, evaluar el costo de transporte por el intercambio de subproductos entre empresas y evaluar el costo de carbono incorporado en los materiales intercambiados entre empresas.

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Néstor Monroy y Dayana Ramírez [15] identificaron las siguientes ventajas, desventajas y factores críticos con relación a la implementación de eco redes industriales.

Ventajas:

Gestión Empresarial: mejora en el poder de negociación con proveedores, acceso a fuentes de financiación, mayor presión para obtener beneficios tributarios, capacitación de grupos para enfrentar emergencias, atraer inversión, continua actualización sobre nuevas tecnologías y procesos.

Gestión Ambiental: facilita la implementación de programas de minimización de recursos y manejo de residuos. Posibilidad de creación de una planta de tratamiento y central de energía.

Gestión social: mejora la posición frente al municipio para lograr mejoras de infraestructura en el área de proyecto (servicios públicos, vías de acceso, etc.). La estabilidad del sistema fortalece la continuidad laboral.

Desventaja principal:

El impacto sobre los recursos naturales locales, debido al agrupamiento de empresas en una misma área.

Como factores críticos éxito se identificaron:

Trabajo en equipo de empresas, comunidad, municipio e instituciones académicas.

Adquisición de nuevas tecnologías que optimicen la utilización de materia y energía.

Motivación particular de las empresas para participar en un proyecto de largo plazo y crear relaciones cooperativas.

6. MARCO LEGISLATIVO EN ARGENTINA

Acompañando esta posibilidad en Argentina, existe a nivel nacional y en la provincia de Buenos Aires un conjunto de políticas públicas destinadas a la promoción, y fomento a la creación de áreas industriales. Se destaca la Ley N° 13.744/07 de creación y funcionamiento de los agrupamientos industriales y la ley 11.459 de habilitación industrial y su Decreto reglamentario 1741/96 que establece que las áreas industriales debe contar con un Certificado de Aptitud ambiental, acreditando la aptitud de la zona elegida para el perfil de las industrias a instalarse y un proceso de Evaluación de Impacto Ambiental [16].

7. CONCLUSIONES

La experiencia de los clásicos parques industriales donde se reúnen empresas con distintas culturas, estrategias e intereses han resultado una multiplicidad de ejemplos exitosos y otros no tan exitosos, donde en estos últimos no resulta posible controlar ni mitigar la contaminación atmosférica, la congestión de tráfico y el uso no planificado de recursos críticos para la vida, como el agua freática. Es entonces que los profesionales de la gestión ambiental, seguridad industrial y salud ocupacional juegan un rol relevante como catalizadores del cambio, debido principalmente a su función orientada al servicio, al control de gestión y muchas veces al rol de nexo que ocupan entre empresas o autoridad de aplicación.

La transformación de un parque industrial en un ecoparque implica un gran desafío, un cambio de visión hacia un modelo de desarrollo productivo local nuevo e integrado, más vinculado entre sí, el cual permite enfrentar en mejores condiciones las problemáticas productivas y ambientales, que de otra manera resultaría imposibles de abarcar en forma aislada por cada industria o institución.

Las experiencias locales realizadas en el partido de Pilar, Buenos Aires, así como la de otros países fuera de la comunidad europea, muestran una priorización de necesidades orientada principalmente hacia la subsistencia de los negocios, tendencia acrecentada en el marco de la pandemia del COVID-19. Otro aspecto no menor, además del ambiental, es el vinculado con la cultura organizacional. En muchas empresas de la Argentina se realizan operaciones, gestiones y decisiones en forma aislada, sin conformar una red para tratar problemáticas comunes, no sólo ambientales sino también de aquellos ámbitos que pueden contribuir a la innovación, la reducción de costos, planes de capacitación, incorporación de tecnología, financiamiento y mejoras tributarias. Es por ello que la conformación de redes eco-industriales constituye una alternativa para abordar problemáticas ambientales pero también de negocio; no obstante, en material ambiental resulta necesario implementar programas que orienten a los empresarios hacia un cambio cultural y

tecnológico que permita desarrollar negocios pero en el que también se integre información, capacitación, participación, incentivos y controles para evitar así la contaminación de recursos vitales, como es el caso de las napas freáticas y cursos de agua superficiales donde existen evidencias de deterioro y contaminación.

8. REFERENCIAS

- [1] Bugnar N., Meşter L. (Julio 2013). “Eco- Industrial Park a Tool for Sustainable Development” Ref. <https://doaj.org/article/4d7843e4de1d418eab2525899b1ff406>.
- [2] Le Blanc,R., Tranchant,C., Gagnon,I., Côté Y. (May. 2016). “Potential for Eco-Industrial Park Development in Moncton, New Brunswick (Canada): A Comparative Analysis”. *Sustainability*. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/5/472>.
- [3] Sharma ,A. (Octubre 2013). “The Landscape of Industry: The Transformation of (Eco) Industrial Parks through History”. *Journal of Arts and Humanities*. Ref. <https://theartsjournal.org/index.php/site/article/view/216>
- [4] Chinni, G. (2018). Desarrollo y Proyección del Parque Industrial de Pilar: Hacia la necesidad de una organización en redes eco-industriales. *Memorias del XI Congreso Argentino Industrial -COINI 2018-UM /* compilado por Horowicz et al. 1a ed- Ciudad de Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2019. Libro digital, 2019 ISBN 978-987-4998-05-7.
- [5] Kechichian, Etienne Raffi; Jeong, Mi Hoon. 2016. Mainstreaming eco-industrial parks : conclusions from the eco-industrial park 2015 event in Seoul (English). Washington, D.C. : World Bank Group. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/965391469043801584/Mainstreaming-eco-industrial-parks-conclusions-from-the-eco-industrial-park-2015-event-in-Seoul>.
- [6] Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. <http://www.biblioteca.mincyt.gob.ar/>. Consulta 1/3/2019 al 28/11/2019.
- [7] Google Académico. <https://scholar.google.es>. Consulta 1/2/2020 al 31/7/2020.
- [8] Google Argentina. <https://www.google.com.ar/>. Consulta 1/2/2020 al 31/7/2020.
- [9] Patala, S.; Hämäläinen, S.; Jalkala, A.; Pesonen, H.L. (2014). “Towards a broader perspective on the forms of eco-industrial networks”. *Journal of Cleaner Production*, vol. 82, pp. 166-178.
- [10] Latorre, A.P. (Julio 2009). “La Simbiosis Industrial en Kalundborg Dinamarca”. *DEARQ*. Ref. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=4e4f895b-5e9a-42e9-b3c6-6c2e29bc8042%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdj.03e03e1ae84d5abcd0144d711eda48&db=edsdoj>.
- [11] Tessitore,S. Daddi,T, Iraldo,F.. (Julio 2015). “Eco-Industrial Parks Development and Integrated Management Challenges: Findings from Italy”. *Sustainability*. Ref. <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/8/10036/htm>.
- [12] Hu W, Tian J, Li X, Chen L. (2020). “Wastewater treatment system optimization with an industrial symbiosis model: A case study of a Chinese eco-industrial park”. *J Ind Ecol*. 2020;1–14. <https://doi.org/10.1111/jiec.13020>.
- [13] Bellantuono, N.,Carbonara,N., Pontrandolfo,P. (Mayo 2017). “The organization of eco-industrial parks and their Sustainable practices”. *Journal of Cleaner Production*. Ref. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652617310144?token=71F56BB917BBB03D1934DB3408064E44CAB281122ECFD3B847B8503E236A99CAA97CC7C545FF158BA44057925D46F20>.
- [14] Mantese, C, Amaral, D. (Marzo 2016). “Identification and qualitative comparison of performance indicators of industrial symbiosis”. *Produção Online*. Ref. <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2349/1481>.
- [15] Monroy, N., Ramírez,D.(mayo 2004). “Parques Industriales Ecoeficientes en Bogotá, una alternativa económica y/o social”. *Revista de Ingeniería*. Ref. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=ed8fc86f-22ec-4d6e-bbe5-91cb36652388%40sessionmgr4006>.
- [16] Legislación de la Pcia. de Buenos Aires. Ley 13.744. Ref. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13744.html>. Consulta 14/6/2019.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las siguientes personas por su colaboración: Santiago Bonfanti, Jorge R. Chinni, Mariano Cachero, Biblioteca de la Universidad del Salvador, Cámara del Parque Industrial de Pilar, Consorcio del Parque Industrial de Pilar y Municipalidad de Pilar.

Diseño estructural de una oficina de servicios configurable dinámicamente ante cambios cuali-cuantitativos en la demanda

Rodríguez Rey, Julio

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán.
Av. Independencia 1800 (S.M de Tucumán) jrodriguezrey@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN.

En la Justicia y referente a prácticamente todos los fueros, existe la tendencia de imprimir procesos de oralidad. A fin de acompañar estos procesos, se evidencia la necesidad de proveer de agilidad en la gestión. En este gran proceso de cambio las organizaciones se enfrentan a diferentes desafíos, muchos de ellos relacionados con la inercia de sistemas de décadas y hasta siglos de consolidación en el sistema escritural, prácticamente la antítesis del nuevo paradigma. A menudo el cambiar se convierte en “adaptar” y se desnaturalizan así los cambios profundos en la gestión de procesos centrales, como ser la Audiencia, y de soporte, como Producción de informes, Preparación de instalaciones, Gestión de tecnologías, etc. Desde la ingeniería Industrial, el diseño de organizaciones y servicios, incluyendo el análisis y desarrollo de las operaciones, se presenta como un importante desafío para mejora en eficiencia y eficacia. Se propone así el diseño bootom-up partiendo desde la Audiencia como proceso básico del sistema adversarial, ya que desde un punto de vista estrictamente reduccionista, puede realizarse con la participación de las partes (al menos dos, una que presenta una solicitud y la otra que rebate) y el Juez, que finalmente escucha y resuelve. Desde esta célula, y aportando procesos complementarios, se va diseñando el sistema en general mediante la organización del personal (diferenciación e integración de funciones) y de los procesos. Siempre desde la visión de procesos, para el diseño se tiene en cuenta la flexibilidad del sistema, ya que la oficina debe gestionar la capacidad en situaciones de carga muy disímiles. El resultado es un diseño modular, especializado en procesos, reconfigurable y con la conectividad adecuada para hacer frente a cambios cuanti-cualitativos de la demanda potencial. Se proponen asimismo funciones de enlace con las oficinas especializadas, que buscan la pronta respuesta ante imprevistos cambios sin comprometer los flujos de trabajo.

Palabras Claves: Gestión judicial - Servicio de Justicia - Gestión de servicios - Diseño organizacional

ABSTRACT In Justice and referring to practically all jurisdictions, there is a tendency to implement orality processes and in order to accompany these processes, the need to provide agility in management is evident. In this great process of change, organizations face different challenges, and many of them are related to the inertia of systems that present decades and even centuries of consolidation in the scriptural system, practically the antithesis of the new paradigm. Often, the desired change becomes "adapt" and thus, it denatures a process that must lead to profound changes in the management of central processes, such as the Audience, and support processes, such as the production of reports, setting up facilities, the technology management, etc. From Industrial Engineering, the design of organizations and services, including the analysis and development of operations, is presented as an important challenge for improving efficiency and effectiveness. Thus, the inside-out design approach is proposed starting from the audience, as a basic or canonical process of the adversarial system, since from a strictly reductionist point of view, it can be carried out with the participation of the parties (at least two, one presenting a request and the other that refutes) and the Judge who finally listens and decides. From this basic cell, and providing processes that complement or adapt it to interact with other process, all the system in general is designed through the concepts of the personnel organization, such as the differentiation and integration of functions. Always from a strict vision of processes in the operations of the unit. One design criterion that is taken into account is the necessary flexibility of the system, since basically, the office must manage capacity in very different load situations. The result is a modular design, specialized in processes, reconfigurable and with the adequate connectivity to face quantitative and qualitative changes in potential demand. Liaison functions are also proposed with specialized offices that seek a prompt response to unforeseen changes without compromising workflows.

Keyword: Judicial management - Justice Service - Service management - Organizational design

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace unos 20 años se vienen dando en América Latina procesos de cambio en la justicia que buscan alcanzar la eficiencia y la eficacia, en pos de garantizar el servicio de Justicia con costos razonables. Dentro de estos procesos resaltan tres tipos de reformas según consigna Binder [1]; Las de primera, segunda y tercera generación. Estas últimas se caracterizan por los procesos de oralidad llevados a cabo en audiencia y con la función jurisdiccional estrictamente acotada a la toma de decisiones durante el proceso de instrucción y en el plenario, en donde los jueces escuchan a las partes y toman, en base a las pruebas que aportan y otros elementos jurisdiccionales, decisiones sobre la culpabilidad o inocencia del acusado.

En la Oralidad, el elemento organizacional más importante es la Oficina Judicial. Sabemos que la misma se concreta en la mayor parte de las reformas Judiciales que se vienen dando en los últimos tiempos. Sin embargo este concepto no está del todo claro a lo largo de la literatura y se confunde en muchas oportunidades con una oficina que podría ser mesa entradas o de derivación o asignación de causas. Se confunde también a la Oficina de Gestión de Audiencias (OGA) con la Oficina Judicial, ya que la misma suelen tener como fin último la gestión del movimiento alrededor de las audiencias en la oralidad del sistema adversarial. La Oficina Judicial abarca por lo general a la Oficina de Gestión de Audiencias, pero también incluye las tareas de agendamiento, notificaciones, algunas actividades administrativas, gestión de casos y mesa de entradas. Dependiendo de las distintas implementaciones que se vayan visualizando o planeando, la oficina Judicial adoptará una u otra configuración. Esta configuración dependerá de diferentes factores, como ser las condiciones iniciales en la que se da la reforma, los distintos sistemas de apoyo, la amplitud de las modificaciones que se practiquen y, por supuesto, de la Planificación Estratégica [2] de la unidad en que se inserte la Oficina Judicial.

La Oficina Judicial nace como consecuencia de la interdisciplinariedad necesaria en todos los ámbitos de la administración pública y la necesidad de complementar perfiles profesionales. El principio básico de las reformas judiciales de los últimos 20 años gravita sobre separar la *Función Jurisdiccional* de la *Función Administrativa*, aprovechando ambos perfiles para sacar el mayor provecho de sus competencias específicas. De esta forma se pretende que el magistrado no distraiga su atención en la gestión cotidiana, en el manejo del personal y otros aspectos administrativos, sino que por el contrario, concentre su trabajo en la labor Jurisdiccional. Por otra parte, al delegar las actividades administrativas en la Oficina Judicial la reforma espera obtener niveles de desempeño acordes a los que se puede alcanzar con un administrador profesional, sobre todo en el sentido de la gestión.

Los principios que motivan las diferentes reformas dependen del país, región o incluso fuero específico en el que se implemente la Oficina Judicial. Pese a estas particularidades, normalmente se percibe la eficacia, eficiencia, economía procesal, celeridad, desformalización, publicidad, calidad y visión de procesos como principios rectores de las organizaciones que caben en el ámbito de la Oficina Judicial [3]. Este enfoque facilita la obtención y seguimiento de indicadores específicos para cada uno de los procesos que permitirá realizar auditorías y habilitan dinámicas de mejora continua en la oficina.

El presente trabajo contempla un diseño teórico que no necesariamente corresponde a un caso real, aunque los estudios y observaciones para la presente propuesta fueron realizados en el marco de las reformas judiciales en la República Argentina. Parte del proceso se pudo implementar en una oficina de Ejecución Penal, aunque no la totalidad del mismo, debido a diferentes restricciones operativas y de códigos de procedimiento.

2. METODOLOGÍA

Para diseñar el proceso se realizaron diversas reuniones entre los involucrados, basándonos en la forma de trabajar anterior a la reforma, cuando existían los juzgados. Sobre todo, en algunas unidades ya se había implementado de forma parcial el proceso de audiencias. Una vez descripto el proceso anterior, en forma coloquial, se pasa el mismo a visión de procesos [4]. En este sentido, este pase de una visión funcional a una visión de procesos presenta una gran resistencia. Se manifestó de forma intensa una suerte de “regresión” en el sentido de sesgar las operaciones a que todo funcionara como antes. En ese punto, se decidió capacitar al personal en algunos aspectos puntuales, como ser gestión de procesos y gestión de valor. Se realizaron 4 sesiones de capacitación, dos para cada temática y luego se volvió a tratar de definir el nuevo proceso. Luego, y habiendo consultado otras implementaciones, se puso foco sobre un proceso “puro” y clave: La Audiencia. De esta forma, resultó más claro seguir definiendo los procesos accesorios y de soporte. A continuación se hace una breve descripción de las metodologías de gestión que se utilizaron en el diseño del proceso. No se utilizó un método con exclusividad ya que no se encuentra en la literatura un enfoque con este nivel de especificidad.

2.1 Cadena de Valor

A los fines de modelar los procesos, en su libro “*Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*” [5] se puede ver el modelo de la *Cadena de Valor*. Este modelo presenta actividades realizadas por la empresa que tiene como finalidad determinar el agregado de valor sobre el producto final o servicio que se ofrece, manifestando de una forma evidente el valor agregado sobre los costos de la empresa, en forma de diferencia con el precio pagado por el cliente. Se definen las siguientes actividades: **Actividades primarias** (o secuenciales): Se refieren a la creación del servicio, diseño, ejecución y garantía; y pueden también a su vez, diferenciarse en sub-actividades, directas, indirectas y de control de calidad. **Actividades de apoyo**: Son aquellas que no participan directamente en el servicio, pero sirven para a su vez, brindar operaciones de soporte a este proceso principal, como ser Recursos humanos, Gestión administrativa, Gestión de la tecnología e instalaciones, etc.

2.2 Gestión de la Calidad

En cuanto a la Gestión de la Calidad en la Justicia, puede verse la gran importancia que manifiesta en ese sentido la *Gestión por procesos*. Los procesos necesitan ser estudiados. La Oficina Judicial tiene entre sus finalidades la búsqueda de la eficiencia y eficacia. A su vez, éstos poseen dos características relevantes que justifican la necesidad de estudiarlos, por un lado la variabilidad, ya que en las diferentes repeticiones se manifiestan ligeras variaciones en las actividades y a su vez ocasiona variabilidad en los resultados, que nunca resultan iguales. Por otra parte, la repetitividad. Los procesos se crean para producir un resultado y repetir ese resultado una u otra vez. Esta característica hace que sea muy conveniente trabajar sobre el proceso y mejorarlo. La mejora de procesos presenta un impacto mayor en los procesos más inestables. La sistematización de los mismos permite los clientes que juzgarán los resultados del proceso, los perciban como más homogéneos y esperables. Otras mejoras pueden verse en la descripción del proceso: entradas y salidas, proveedores, clientes y otros grupos de interés implicados. Se visualiza de forma ordenada la secuencia de actividades, los recursos e indicadores; el análisis en los procesos clave o relevantes y se habilita la mejora continua sistematizada, la posible aplicación del benchmarking, utilización de indicadores, análisis de la evolución, la comparación con valores deseados, la competencia u otro estándar de referencia; y se clarifica en la representación gráfica. Los autores remarcan asimismo que la mejora debe verse desde una visión holística, en calidad intrínseca, disminución de las actividades que no aportan valor añadido, mejora del componente humano (cultura organizacional, liderazgo, motivación, clima, aprendizaje, etcétera), incorporación de prácticas de excelencia, determinación de los riesgos del proceso y desarrollo del control de manera proactiva y preventiva [6]

Los principios básicos de los *Sistemas de Gestión de Calidad* según norma ISO 9001 son: Organización enfocada al Cliente; Liderazgo de La Dirección; Participación del personal; Enfoque de sistema para la gestión Identificar, comprender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema determinado; Enfoque basado en procesos; Mejora continua; Datos para la toma de decisiones; Relaciones beneficiosas con los proveedores, entre otros.

Estos aspectos denotan la obligación de satisfacer las expectativas de la sociedad, desarrollar el servicio a través de la gestión por procesos, medir y analizar para tomar decisiones y mejorar, todo ello con el impulso de la dirección y la implicación de todo el personal, incluidos los proveedores. La incorporación de la voz de la ciudadanía implica el desarrollo de diferentes proyectos específicos en busca de la efectiva incorporación de las demandas de los ciudadanos a los principales procesos de gestión.

2.3 Operación de La Oficina Judicial

A los fines de este trabajo, la Oficina Judicial se define como el órgano burocrático componente del Poder Judicial; es decir, la unidad mínima de “producción” judicial que aporta la infraestructura técnica y humana necesaria para la tramitación de los procesos. Se distinguen entre sí por sus fines específicos: las oficinas de apoyo (Notificaciones, mesas distribuidoras de expedientes o generales de entrada, oficinas de resguardo de efectos, etc...) y las oficinas con fines jurisdiccionales propiamente dichos (cada uno de los juzgados o tribunales del sistema), clasificadas éstas a su vez por fuero e instancia. Sus elementos clave son: estructura (organigrama y distribución interna de tareas), y su funcionamiento (flujo de los procesos que se realizan para la consecución de sus fines). [7].

Un elemento clave de las Oficinas Judiciales es el manejo de la Información [8]. En general, los juzgados no llevan registros, bases de datos, mediciones, estadísticas, que sirvan de base para justificar las decisiones. Esto se relaciona con la planificación y el análisis del funcionamiento. Solo a partir de información confiable y disponible se puede programar el trabajo. Por ello, llevar un registro de causas con acceso multivariable, el estado en que se encuentra, y otra información resulta de gran utilidad. Un último punto es sin dudas la gestión de las partes interesadas. Para que se pueda desarrollar una comunicación apropiada con otros actores del sistema judicial, podrían fijarse reuniones o foros, para que cada parte plantee sus necesidades, dudas y reclamos. [9]

2.4 Diseño Organizacional

Diferenciación e Integración [10]: La estructura reconoce dos elementos clave: la diferenciación y la integración. La diferenciación es el desglose del trabajo para llevarlo a cabo en una serie de tareas, la diferenciación es la división de la empresa en un determinado número de unidades, caracterizada por un microentorno y objetivos diferentes. Una primera forma de diferenciación horizontal es subdividir las tareas en trabajo realizado por especialistas y generalistas. Una segunda forma de diferenciación horizontal es la de la realización de tareas rutinarias y uniformes, como en las industrias. De esta dinámica se proponen los nombres de las diferentes unidades y la coordinación que debe haber entre ella, conocida como Integración.

La Diferenciación vertical (jerarquización) implica la división de trabajo por niveles de autoridad, jerarquía o cadena de mando". Esta instancia permite dividir la organización por "estratos". La diferenciación se explica sobre la base de las siguientes cuatro dimensiones: 1. La naturaleza de los objetivos, que pueden ser medidos en términos cuantitativos (coste, rendimiento, plazo) o cualitativos (calidad de servicio, innovación). 2. El horizonte temporal del trabajo: a corto o largo plazo. 3. La naturaleza de la orientación de los individuos: que pueden estar más concentrados en la tarea que deben realizar, o en sus relaciones con los demás. 4. El grado de formalización de la estructura, en el sentido antes definido. Diferenciación vertical (jerarquización): este tipo de diferenciación hace referencia "a la división de trabajo por niveles de autoridad, jerarquía o cadena de mando".

La integración es el proceso de coordinación necesario entre las diferentes tareas para asegurar la consecución de todas las metas de la organización. La integración se define como "la calidad del estado de colaboración que existen entre los departamentos que se requieren para alcanzar la unidad de esfuerzos por las demandas del ambiente". La integración se puede dar de dos formas: Integración horizontal o diversificación: se presenta cuando una organización añade más productos o líneas de productos a los ofrecidos en su portafolio de bienes o servicios. Integración vertical: se presenta cuando una empresa adquiere o se fusiona con un proveedor o cliente.

Agrupación funcional: Este tipo de agrupación se clasifica en componentes funcionales principales que necesitan llevarse a cabo para que la organización realice satisfactoriamente su misión. Sus principales características son las siguientes: 1. Las personas se agrupan basándose en las funciones que realizan, es decir, se diferencian tareas. 2. Los trabajadores de cada unidad deben realizar las mismas o similares tareas, y tener las mismas habilidades y conocimientos. 3. Se desarrolla un alto grado de experiencia funcional. 4. La comunicación se facilita por un conocimiento y un lenguaje básico común. 5. Se promueven economías a escala. 6. Es adecuada para entornos con baja incertidumbre y tecnología rutinaria [11]

2.5 La Ingeniería de Valor

El Análisis de Valor fue concebido a principios de los años 1940 por Lawrence D. Miles mientras trabajaba para General Electric, un importante contratista de defensa que enfrentaba la escasez de materiales estratégicos necesarios para producir sus productos durante la Segunda Guerra Mundial. Miles se dio cuenta de que si el valor y las mejoras relacionadas con la innovación pudieran ser sistemáticamente "gestionados", entonces tendría una ventaja competitiva en el mercado. Con esto en mente, Miles aceptó el reto e ideó el concepto de *Análisis Funcional*, el cual integró en un proceso innovador que posteriormente denominó *Análisis de valor*.

Miles entendía que los productos y servicios se adquieren por lo que pueden hacer, ya sea por el trabajo que realizan o por las cualidades estéticas agradables que proporcionan. Utilizando esto como su información fundamental, se centró en la comprensión de la funcionalidad del componente que se fabrica. Se preguntó si el diseño podría mejorarse o si un material o concepto diferente podría lograr la misma funcionalidad con mejores costos. Para centrarse en la función se utiliza un verbo y un sustantivo mensurable para caracterizar el beneficio que proporciona a la función un componente determinado. El Análisis Funcional es el fundamento de la metodología de Gestión de Valor y es la actividad clave que diferencia este cuerpo de conocimiento de otras prácticas de solución de problemas o mejoras. Durante la fase de Análisis Funcional del plan de trabajo, se identifican las funciones que describen la utilidad del proceso bajo análisis. [12]

2.6 La estandarización en los procesos de Justicia

Como cualquier actividad humana la gestión judicial, sea del fuero que se trate, muestra características comunes a lo largo de las repeticiones de los eventos que se dan en ese marco. Con el correr del tiempo se encuentran patrones que se repiten y que simplemente conforman diferentes actuaciones, que por lo general se encuentran tipificadas en los códigos de procedimiento. Si bien es cierto este marco regulatorio resulta prácticamente suficiente para el manejo y la gestión de los eventos que se produzcan en muchas ocasiones, los mismos no se encuentran adecuadamente tipificados y establecen un marco que a la vista de la cantidad de incidencias que pueden ocurrir, resulta un marco general del accionar jurídico y procesal. Si tomamos como parámetro el juzgado y entendiendo por ello una organización de Entre 10 y 20 personas que trabajan incidentes en un

determinado fuere, podemos decir que el conocimiento acumulado en las personas y los procedimientos resulta más que suficiente para poder resolver prácticamente cualquier situación que se presente. Extendiendo este planteo puede verse que las eventualidades que pudieran darse y que excedan al manejo del juzgado, podrán derivarse hacia otras oficinas dentro o fuera de la organización, clarificando, especificando y determinando las características puntuales de la situación. De esta forma, la derivación se convierte en otro proceso en el marco de acción del juzgado. Este marco se conoce como competencia y determina la amplitud de la acción a llevar a cabo [13]. Sin embargo en las distintas unidades, a lo largo del correr del tiempo, se van fijando criterios diferentes para cada una de estas acciones, convirtiendo así el proceso en algo personalizado y no necesariamente consensuado, eficaz y eficiente. Si la organización busca, como es el caso de la Oficina Judicial, eficiencia y eficacia, una de las primeras condiciones que debe darse es la estandarización de los procesos y la documentación de los mismos en manuales que puedan ser accesibles para todos los participantes. Estos procedimientos deberán ser minuciosamente diseñados mediante consensos y analizados en entornos operativos reales, de manera de poder mejorarse para devenir en procesos asentados seguros eficaces y eficientes. Este macroproceso se conoce como mejora continua y es uno de los pilares de la gestión de la calidad en las organizaciones.

3. DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Concepto básico o central del proceso: La Audiencia

Para realizar el diseño del sistema, nos basaremos en la Cadena de Valor de Porter [5] en el sentido de partir del proceso básico, y extenderse del mismo hacia los extremos de la Cadena, para luego contemplar las Actividades de Soporte.

La Audiencia es el proceso básico, digamos canónico, del sistema adversarial. En principio, y también desde un punto de vista estrictamente reduccionista, puede realizarse con la participación de las partes (al menos dos, una que presenta una solicitud y la otra que rebate) y el Juez que finalmente escucha y resuelve.



Figura 1 *Proceso principal: La Audiencia*

Dado que este es el proceso principal, ya que como dijimos es donde se producen las resoluciones, es la máxima prioridad del sistema, y desde él debemos construir “hacia fuera” lo que resta del sistema, a fin de que pueda conectarse administrativa y materialmente con el resto de la sociedad. Particular interés reviste el abordaje del diseño de este proceso. En nuestro caso supondremos que se trata de un diseño holístico, que brinda un servicio a la sociedad: El Servicio de Justicia. Sin embargo, tomaremos nuestro diseño basado en una visión desde la Magistratura, o sea en general desde la Corte Suprema, ya sea Provincial o Nacional.

Requerimientos del proceso: El principal requerimiento o “insumo” de este proceso es el conocimiento en sí mismo. El conocimiento se encuentra en este esquema distribuido de la siguiente manera: Ley de Fondo, Ley de Forma, Conocimiento previo del Caso (Parte solicitante y Oponente) y Conocimiento del Magistrado. Mediante la exposición de las partes, se produce la decisión del Juez generando un conocimiento nuevo: La *Resolución jurisdiccional*.

3.2 La labor Administrativa

A pesar de la simplicidad aparente del proceso visto adelante, es fácil imaginarse que existen un sinnúmero de tareas administrativas, de índole técnico-jurídica y procesal que resultan necesarias para construir el conocimiento acabado del caso en cuestión, que el Magistrado que deberá disponer al momento de resolver. Podemos ejemplificar estas condiciones: plazos procesales, diversos tipos de pruebas, condiciones de aplicabilidad de las normas, resoluciones previas, competencia, por citar los más importantes. En el sistema adversarial, este tipo de información es aportada en su totalidad por las partes, pero existen diversos principios que pueden llevar a que uno o varios de

estos conocimientos deba ser aportado por las Oficinas Judiciales correspondientes. A los fines de visualizar gráficamente esta situación, el sistema comenzará a verse de la manera que se presenta en la Figura 2:

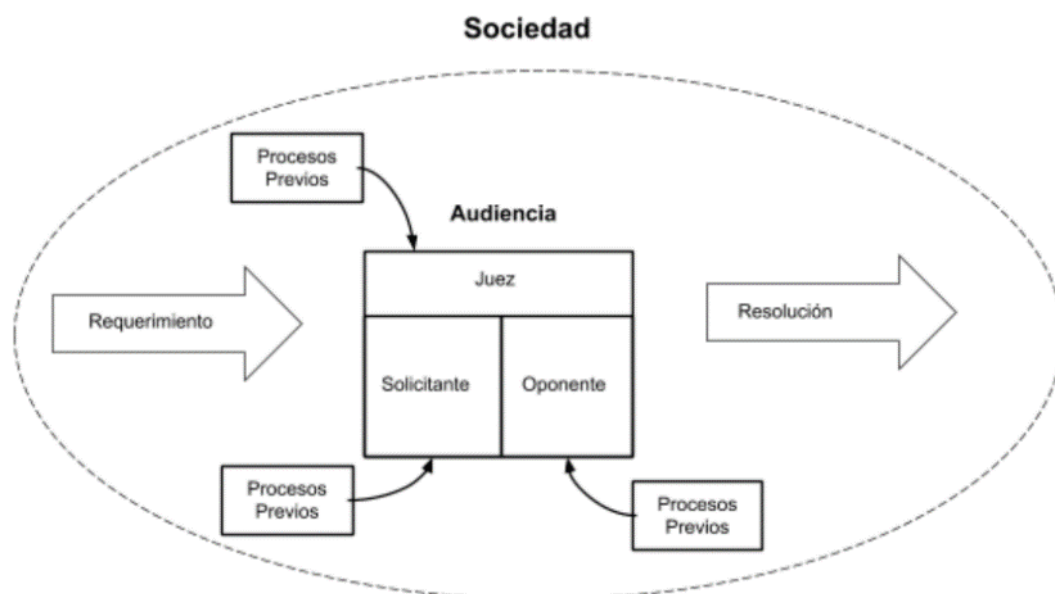


Figura 2 Proceso principal con procesos previos y entorno

En general, y en vistas a un adecuado desempeño del sistema adversarial, se está tendiendo a una separación de los Ministerios Públicos Fiscales y los Ministerios Pupulares de las Defensas (En el caso Penal) a fin de mantener sus respectivas autonomías. Por esta razón, los procesos previos que correspondan a la Fiscalía, Querellas o Defensas, Actores o Demandados (Ya sean públicas o privadas), no se analizarán en este marco. Lo que sí resulta claro, es que estos operadores deben llegar al momento de la Audiencia habiendo cumplido los procesos previos y en ocasiones, algunas de estas etapas involucran a la Corte o alguna de sus oficinas.

3.3 Ingreso

La función que puede verse de gran utilidad para este esquema es una función que da forma a los Ingresos a la unidad. Esta función “adapta” y “controla” lo que ingresa al proceso principal, la decisión que solamente con puede realizarse con la presencia del juez. El tratamiento en Audiencias u Oralidad no significa de ninguna manera que cualquier asunto pueda ser tratado por el Magistrado y que deba resolver al respecto. Para llegar “validar” el proceso de audiencia, se llevan a cabo procesos de comprobación de que las actuaciones presenten las condiciones necesarias en cuanto a su materia, construcción, jurisdicción, plazos, actores y otras formalidades administrativas. Para ello debe implementarse un proceso previo al proceso mismo de Audiencia. Normalmente este proceso se conoce como “Mesa de entradas”. El ingreso es una tarea de índole administrativa. Normalmente, esta función resulta en una adecuación de medios, formatos y otras variables que permitirán normalizar y estandarizar un proceso de audiencia dentro de lo posible, propendiendo hacia la eficiencia del sistema. Esta eficiencia puede medirse fácilmente como Resoluciones / tiempo de Audiencias. Por otro lado, esta función va a servir de nexo temporal con otros procesos que veremos más adelante, como ser el manejo de plazos procesales

3.4 Egresos

Por otra parte es necesario que lo que se resuelva en la Audiencia sea comunicado adecuadamente hacia los involucrados en el proceso. Aquí nuevamente resulta necesaria una función administrativa que convierta o adecúe de alguna manera lo resultante de las Audiencias. Deben realizarse los cambios de formatos, direccionamiento, desgloses de información, anexados de información complementaria, etc. a fin de que pueda ponerse a disposición u oficiarse a los demás actores del sistema. Aquí cabe una reflexión muy importante: Uno puede pensar que hay una gran similitud entre las actividades de ingresos y egresos en relación a la Audiencia. Este criterio, que es totalmente válido, puede utilizarse para reunir estas dos áreas en una sola área administrativa. Sin embargo, también puede argumentarse con igual validez que los operadores son diferentes y las actuaciones de uno u otro lado presentan particularidades tales que pueden diferenciar estas funciones. Este es el caso por ejemplo, de organizaciones que cuentan con una Mesa de entradas separadas de la Oficina de Notificaciones. En otros casos involucran a la actividad de notificaciones en la misma mesa de entradas. La decisión de mantener juntas o separadas estas funciones

dependerá de varios parámetros tales como el número de actuaciones en uno u otro extremo, la centralización de los ingresos y egresos, o la distribución de los mismos por parámetros como ser áreas de influencia de la actividad (jurisdicciones). Otro parámetro a tener en cuenta es lo que manda el código procesal con respecto a las modalidades. Puede existir una modalidad diferente para los ingresos que para los egresos. Sea cual sea la decisión que se tome, resultará de gran importancia una adecuada coordinación entre estos dos procesos, ya que por lo general, los ingresos recaban información del caso que deberán utilizarse en el proceso como ser por ejemplo nombre y domicilio de los actores, tipo de presentación, plazos entre otros. Los sistemas informáticos en este sentido juegan un rol fundamental en el concepto rector de la trazabilidad de las actuaciones. La Gestión de Expedientes o Legajos debe necesariamente lograr simplificaciones en cuanto a la estructura de datos de todo tipo de actuación, y su relación con las otras actuaciones que pueden ser derivadas, conectadas con la actuación principal. Esto facilita la tarea del sector y resulta de gran utilidad en la búsqueda y detección de errores procesales. Interesa el mantenimiento de agendas de los operadores y de verificaciones de índole procesal.

3.5 Fusión de los procesos de Ingreso con Egresos

A continuación se aportan algunas consideraciones a tener en cuenta si, como parámetro de diseño, se desean fusionar los procesos de ingresos con los procesos de egresos en relación a la celebración de audiencias:

¿Cuándo puede resultar conveniente? Unidades relativamente pequeñas (hasta 20 personas) / 100 actuaciones por día; Mismos sistemas informáticos; Idénticas jurisdicciones; fueros uniformes; comparten actores; Información no sensible; alta estandarización de los procesos

¿Cuándo puede resultar inconveniente? En contraparte aquí se presentan situaciones que deberían servir como alerta para la fusión de los dos procesos en una misma unidad: Unidades relativamente grandes (más de 20 personas) / más de 100 actuaciones por día; sistemas informáticos heterogéneos o falta de sistematización; jurisdicciones múltiples; multifuero; operadores disímiles; Información de gran sensibilidad en alguno de los procesos (Menores, violencia, narcotráfico, allanamientos); baja o nula estandarización de los procesos

3.6 Proceso de Gestión temporal

Las funciones de ingresos y egresos son fundamentales en el proceso del sistema. Añaden valor en la medida en que convierten las actuaciones de la forma en que se presentan en información útil para gestionar la Audiencia. Las partes, por ejemplo los abogados, harán lo propio en su caso. A partir de hechos meramente fácticos analizarán y presentarán las implicancias legales de los mismos y presentarán sus planteos y solicitudes en la forma adecuada para presentarlos en Audiencia.

Pero todo esto sucede en un marco, una cadencia temporal determinada. El Servicio de Justicia se rige por códigos procesales estrictos que, además de las formas, marca perfectamente los plazos de las actuaciones. De esta forma, y contemplando que en el momento preciso de la Audiencia deben converger las partes, los Magistrados, peritos, testigos y en general el personal de soporte que sea necesario, debe programarse claramente este evento en los plazos correctos para el sistema. Además de las personas nombradas, deben asegurarse recursos materiales, como la disponibilidad de una sala, los equipos de grabación, comunicaciones, etc.

Una vez que se lleva a cabo la Audiencia, la gestión temporal continúa asociada al proceso ya que pueden generarse cuartos intermedios, suspensiones, etc. A su vez, las resoluciones de Audiencias, que por su naturaleza son imposibles de anticipar, manifiestan en sí mismas la necesidad de una gestión temporal, pues en estas resoluciones se estipulan trámites con diferentes plazos que deben cumplirse.

Por todo lo anterior, queda clara la necesidad de un proceso transversal a los que vimos, que será de alguna manera el "reloj" de este sistema, determinando la dimensión temporal con precisión, a la vez que contempla la variabilidad de las posibles situaciones a presentarse. La prioridad de este sistema es *mantener el flujo de trabajo sin cortes* y en cumplimiento con los plazos procesales. No debe perderse de vista en este análisis que los objetivos genéricos de las oficinas judiciales son la eficiencia y eficacia. Ahora bien, si una audiencia de 45 minutos se malogra por una mala gestión temporal, los tiempos valuados en dinero del Magistrado, los Profesionales, personal de apoyo, demás involucrados y de la infraestructura, inexorablemente se perderán. Esto sin contar por supuesto las posibles consecuencias para el justiciable de la falta de resolución del asunto solicitado. El *Proceso de Gestión Temporal* es el responsable de manejar los tiempos y las cargas de la Oficina. Ocurre que en la gestión cotidiana es normal ver estacionalidades que pueden acelerar algunos procesos y ralentizar otros. Si se diseñara un sistema con holguras tales que pudieran soportar el nivel más alto de exigencias en todo tipo de proceso, probablemente sería dos o tres veces más grande que lo razonable. Por otra parte, como es sabido en la Gestión de Servicios, una de las características de los mismos es que no se pueden almacenar. Por consiguiente, y a los fines de cumplir con los mandatos de eficiencia y celeridad, se considera conveniente adoptar tácticas de multifuncionalidad de los recursos a los fines de asignarlos a los procesos de mayor requerimiento

temporal. El proceso de Agendamiento y Notificación es crucial en este sentido, ya que las Audiencias generan tramitación y su correcto agendamiento permite (dentro de ciertos márgenes) suavizar la curva de demanda. Mediante un adecuado soporte del sistema informático que permita visualizar la carga de trabajo en los diferentes procesos con un horizonte diario, semanal y quincenal, se podrá asignar dinámicamente al personal en razón de su multifuncionalidad a los diferentes procesos, y verificar los grados de avances en los diferentes frentes. Igual consideración se toma para los recursos edilicios, en particular las salas de Audiencias. Además de este proceso, se analiza el ingreso de las solicitudes, que deberán ingresar de forma electrónica exclusivamente. Se verifican plazos, datos necesarios y toda información necesaria para poder agendar. Se agenda la Audiencia en base a protocolos específicos. Este proceso consta de los siguientes sub-procesos: Gestión de recursos y tiempos (Personal, salas, soporte), Procesamiento de solicitudes (Agendamiento), Notificación de Audiencia, Gestión de contingencias (Alternativas para mantener el flujo de trabajo).

3.7 Proceso de Audiencias

El proceso de Audiencias es sin dudas el más importantes que lleva a cabo la oficina, ya que en este proceso es donde se materializa la *Resolución Jurisdiccional* en el contexto del sistema adversarial, en el que las partes exponen sus solicitudes y argumentan y el Juez determina la decisión a tomar. La expresa en audiencia y se generan a partir de allí las mandas necesarias para que esta decisión sea llevada a cabo. Se distinguen en este proceso dos tipos de audiencias: el primero es el que quedó descripto arriba, es decir la Audiencia con el Juez y las partes. Este proceso se complementa con otro tipo de audiencias que llamaremos audiencias jurisdiccionales de “de trámite”, equivalentes al anterior despacho. Allí el Juez toma conocimiento de diversas situaciones y toma de manera unilateral decisiones que les son propias según las leyes vigentes. O sea, en estos procesos, no es necesaria la presencia de las partes. Ejemplo de esto puede ser autorizar un pago que en la Audiencia se ordenó fijar el monto, o bien ordenar un trámite que quedó pendiente de verificación en la Audiencia, de suerte similar a “Cuando se determine tal o cual condición, se cite a declaración... “o trámites similares. A partir de este punto se sigue un proceso similar en cuanto a la ejecución de las mandas. El proceso de Audiencias cuenta además con los siguientes sub-procesos: Video grabación, Redacción del Acta, Celebración de Audiencias de Trámite, Coordinación de Salas

3.8 Gestión de Legajos

Habíamos comentado que la Oficina Judicial debía contemplar los procesos de transformación y adecuación a la entrada y salida de la Audiencia. Estos procesos gravitarán sobre actuaciones que se llevarán a cabo sobre un determinado *Expediente, Legajo o “caso”*. Al ingreso, y a los fines de pasar a la Audiencia, deberán consultarse aspectos relevantes del legajo, y realizarse los informes correspondientes para su materialización (Por ejemplo, apersonamiento del letrado, vencimiento de la causa, prescripciones, recusaciones, etc.). Al finalizar y obtener la resolución respectiva de parte del Magistrado, impactarán sobre el legajo diferentes cuestiones y cambios de estado, como ser la resolución en sí misma, las notificaciones que deban realizarse, cambios en los plazos, etc. Podemos ver entonces que este proceso acompaña al proceso principal, con la misión de “Proveer al proceso principal de toda la información necesaria acerca del caso en relación a los aspectos procesales y jurídicos, a la vez que registra los cambios y modificaciones al mismo de forma asegurar su actualización en todo momento”. Cabe aclarar aquí que, si asociamos el paso del tiempo a este proceso, además del impulso de las partes, la Gestión de Casos deberá verificar fechas importantes en el caso como ser prescripciones, fechas límites para ingresar informes, etc. Para esto, es de vital importancia que los sistemas informáticos contemplen alarmas y alertas en el sistema de Gestión. De esta forma, puede llevarse adelante una mayor cantidad de Casos por operador pues se evita el trabajo de revisión de plazos que es muy engorroso y susceptible de errores.

3.9 Proceso de Control y Mejora Continua

De la Gestión temporal se generará información acerca del comportamiento de los procesos. El sistema informático debe acompañar en la generación de indicadores, filtros y reportes que permitan acceder a esta información. En una oficina de gestión cuyos procesos están organizados de forma tal que su definición y ejecución requieran parámetros específicos, tanto de información como de tiempos, se hace muy necesario el control del flujo de trabajo para evitar cuellos de botella, aprender de los mismos e ir tendiendo hacia su minimización. Mediante actividades de Monitoreo, las que se basan en la recolección sistematizada de los contadores de los procesos en forma de eventos, se sistematizarán los datos a fin de poder administrar desvíos, realizar gráficas de tendencia y otros procesamientos. La actividad de *Evaluación de procesos* se hará a nivel diario mediante un análisis de resultados, con el fin de resolver problemas puntuales que respondan a licencias, problemas del sistema, de las salas, capacitaciones en horario laboral, etc. A su vez, se analizarán los niveles periódicos: semanal, mensual, etc. En este nivel se analizan tendencias y se

realizan talleres puntuales donde se sacan conclusiones de los desvíos para un posterior proceso de mejora continua. Por último, el subproceso de *Mejora Continua* plantea el círculo de mejora con los encargados de los procesos, analiza los desvíos, se procesan estadísticamente, se proponen talleres de causa-raíz, propuestas de mejora y gestión del conocimiento.

Con independencia de la entidad que tenga la Oficina Judicial, es importante que se consolide en los miembros de la misma la visión de trabajar en proyectos de mejora y proyectos de servicios en general. A diferencia de lo que ocurría hasta hace unos años atrás, hoy el dinamismo se ha vuelto vertiginoso. Con el cambio tecnológico presente en el sector, unido a las condiciones a las que nos enfrenta la pandemia, es claro que se vive en un cambio constante y el análisis de estas condiciones para un mejor desempeño es absolutamente necesario. Es por esto que se propone la existencia de un proceso de soporte que es la *Gestión de Proyectos*. Gestionar estos proyectos de manera adecuada colaborará para que la oficina realice sus tareas correctamente y se mantenga actualizada en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías y metodologías que propendan hacia la eficacia y eficiencia del proceso. Esta unidad podrá ser autónoma, de operación en la oficina, o bien dependiente de una oficina central de proyectos. Esto dependerá más que nada de las particularidades operativas del fuero y del tamaño de la Oficina, resultando siempre una decisión de un nivel superior.

3.10 Procesos de Soporte

Este grupo de procesos que vimos, conformados por la Audiencia en sí misma como unidad básica, y siguiendo por ingresos y egresos, constituirá la franja central de la cadena de valor. A su vez, la gestión temporal y la gestión de casos terminan de cerrar esta unidad, en el sentido que brindan coherencia a todos los componentes anteriormente nombrados. Dependiendo del tamaño de la unidad se requerirán otros procesos de soporte y que tendrán que ver con la gestión administrativa, la gestión del personal, la gestión de la mejora continua y la realización y comunicación de estadísticas de la unidad.

3.11 Oficina de Enlace

La creación de una oficina de enlace es una propuesta innovadora de este trabajo y se considera superadora a la propuesta clásica del diseño de la Oficina Judicial. La principal razón que motiva la creación de esta oficina o equipo de enlace es que la diversidad de trabajo que enfrenta el Director de la Oficina Judicial es bastante importante y amplia, y esto puede hacer que la dirección pierda foco en los aspectos neurálgicos de la misma. La oficina judicial normalmente está acotada a un fuero específico y a su vez este fuero forma parte de un Poder Judicial Provincial o Federal. De esta forma, desde la organización propia del fuero o bien desde las instancias coordinadoras superiores, como ser Corte Suprema o Direcciones específicas, se encargan de diferentes asuntos que podemos considerar *Servicios Comunes* a las actividades jurídicas específicas. Las Oficinas Judiciales, por lo general, actúan como soporte a un grupo importante de magistrados y por lo tanto su tamaño suele ser relativamente grande en cuanto a número de empleados, típicamente entre 50 y 200. Es conveniente que la Oficina Judicial, por su envergadura, contemple el manejo de algunas actividades de soporte específicas de manera interna. Esta posición es relevante en este análisis debido a que una oficina judicial puede contar con un plantel que supera el centenar de personas a cargo, con sistemas propios, tecnología diferente al resto del sistema y otras particularidades. Los problemas que pueden suscitarse entonces en su seno, desde lo que marcáramos hasta relativos a coordinación de proyectos internos, de administración general, compras y abastecimiento de materiales de trabajo, serán atendidos de una forma que podemos considerar “local”.

Si el criterio de la oficina fuera delegar todas estas gestiones que no hacen a la actividad específica de soporte jurisdiccional en mano de los servicios comunes, las acciones que por ellas se manejen resultarían caóticas. Mínimamente habría superposición en las solicitudes provenientes de diferentes puntos de la Oficina Judicial, problemas de prioridad, desconocimiento, etc. Este hecho redundaría en contra de los principios de eficiencia y eficacia de la oficina.

Se propone entonces una coordinación interna que puede estar formada por un grupo de enlaces, sean estos unipersonales o bien pequeños grupos. Las disciplinas transversales de estos enlaces pueden ser temas administrativos no relacionados con lo jurisdiccional, abastecimiento de insumos, métodos de trabajo, gestión de personal, sistemas e informática en general, comunicaciones y problemas edilicios entre otros.

Adicionalmente es necesaria la contemplación de enlaces con los diferentes actores involucrados con el accionar de la oficina, ya que al disponer de personal específico con estas tareas, puede colaborar con este de manera importante al funcionamiento de la oficina concentrando en unas pocas personas los vínculos entre los involucrados. Como primera consecuencia positiva de esto podríamos destacar que este grupo se dedicaría a analizar los problemas y a proponer soluciones específicas sin tener que atender la cotidianidad del trabajo diario. Otra consecuencia positiva de este planteo está dada por que el grupo de enlace puede articular los problemas desde una perspectiva más global e interdisciplinaria.

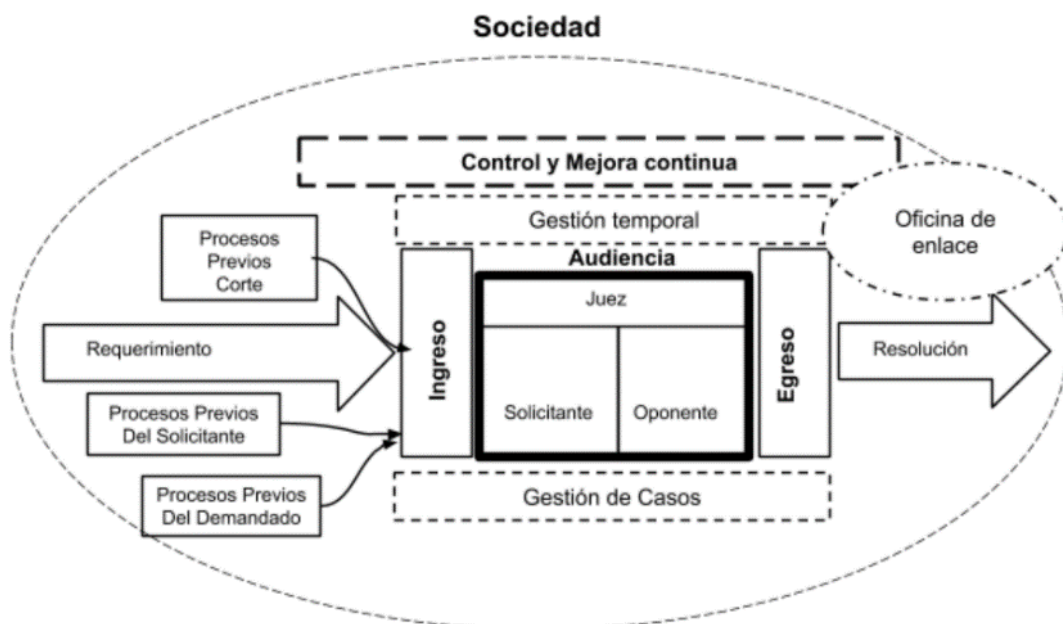


Figura 3 Proceso Completo con diseño definitivo

4. CONCLUSIÓN

Como conclusión a este trabajo podemos remarcar que, partiendo de una necesidad vigente en la administración pública y específicamente en el seno del poder judicial, se ha formalizado una serie de requerimientos a partir de los cuales se demanda el diseño de una oficina que pueda ser implementada en una institución y sirva a su vez como eficaz y eficiente instrumento para el soporte multifuncional del fuero en cuestión. Este diseño ha tenido como base a la gestión de procesos como primera medida en busca de la estandarización de los elementos, como ingresos egresos y resultados, y se ha implementado la metodología de gestión del valor a fin de que la estructura resultante sea una estructura simple y que brinde un servicio adecuado al núcleo central, que en este caso es el proceso de Audiencia.

Si bien es cierto algunos componentes del diseño resultaron alineados con los “clásicos” y relacionados con otras implementaciones, le estructura propuesta presenta algunas innovaciones con respecto a estos modelos. La más importante de ellas es el proceso de gestión temporal que se utilizará para asignar dinámicamente los recursos tanto humanos como edificios y hasta tecnológicos, de tal manera que puedan resultar coherentes con la demanda y cumplan al mismo tiempo los criterios de eficiencia y eficacia. Este organismo no se ve implementado en otras oficinas a nivel nacional, al menos en evidencia documental. Desde los aportes de la ingeniería industrial, y enfocados en la gestión del valor, se crea este proceso transversal para ajustar a la oferta de servicios de la oficina a la necesidad del sistema de Justicia, asignado dinámicamente en base a los tiempos procesales, los servicios de la oficina.

La otra novedad que plantea la propuesta de la estructura de servicios es la de la oficina de enlace, que permitirá canalizar prácticamente cualquier inconveniente que surja en el seno de la oficina a un equipo de personas capacitadas en diferentes áreas, pero a su vez de estrecha interacción entre ellas y con una mirada multidisciplinar hacia estos problemas. Esta visión de la unidad con una suerte de “interlocutor profesional” hacia el entorno cercano y hacia los involucrados, presenta ventajas con respecto a la estructura clásica en cuanto a la gestión del conocimiento y va a interactuar de manera más eficiente con el Control y Mejora de procesos. Este último servicio también es propuesto como el encargado de gestionar los proyectos de la oficina, no sólo los de mejoras, sino también aquellos que permitan saltos cualitativos en la operación de la misma.

Como conclusión final, se propone una estructura moderna, adaptada tecnológicamente a los tiempos que corren y a las necesidades del Servicio de Justicia en su interacción con la sociedad. Este trabajo presenta la visión interna de una oficina judicial orientada de forma sistémica y configurada mediante los conceptos y criterios de la ingeniería industrial.

4. REFERENCIAS.

- [1]. Benavides, Samir; Binder, Alberto; Villadiego Carolina, et al. (2016) *La reforma de la Justicia en América Latina: las lecciones aprendidas*. Programa de cooperación en seguridad regional. Friedrich-Ebert-Stiftung - Colombia (Fescol) Calle 71 n 11-90 Bogotá - Primera edición Bogotá, ISBN 978-958-8677-31-6

- [2]. Chayer, Héctor; Marcet, Juan Pablo (2017) *Cambio organizacional y gestión oral del proceso civil. El caso de Mendoza*. Editado por Ediciones SAIJ de la Dirección Nacional del Sistema Argentino de Información Jurídica. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación. Archivo Digital – Buenos Aires - ISBN 978-987-4196-10-1
- [3]. Renolfi, Mariano (2014) “La Oficina de Gestión de Audiencias en Santiago del Estero” INECIP – CEJA Sistemas Judiciales N18 (Buenos Aires) pp 6-8
- [4]. Bolán, Celeste (2014) “La planificación de la Oficina Judicial” INECIP – CEJA Sistemas Judiciales N18 (Buenos Aires) pp15-31
- [5]. Porter, Michael; Simon, & Schuster. (2011). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Ed. 11th - New York - Free Press.
- [6]. Nariño, AH; Rivera, DN; León, AM; León, MM (2013) “Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica” *Revista de Administração* Volume 48, Issue 4, October–December 2013, Pages 739-756
- [7]. Garavano, Germán; Chayer, Héctor; Cambellotti, Carlos; Ricci, Milena (2012) *La Problemática de la Oficina Judicial* Recuperado de <http://gestionjudicial.com.ar/index.php/home-page/lista-completa/item/4-gestion/157-la-problematika-de-la-oficina-judicial-en-la-argentina#.X0xgc8hKiUk>
- [8]. Cosentino, Guillermo (2014) “Los nuevos Sistemas de Registro de Casos Judiciales” INECIP – CEJA Sistemas Judiciales N18 (Buenos Aires) pp9-14
- [9]. Belmaña, Ricardo; Gamboa, Julieta *Investigaciones aplicadas en el ámbito del Poder Judicial de Córdoba* – Córdoba (2017) 344 p.; 23 x 16 cm. - (Investigaciones y ensayos; 13) ISBN 978-987-4406-02-6
- [10]. Parra Moreno, Carlos; Del Pilar, Andrea “Elementos básicos de la estructura organizacional La estructura organizacional y el diseño organizacional, una revisión bibliográfica” *Gestión & Sociedad*, 2009 PP97-108
- [11]. Rodríguez, S. H. (2011). *Introducción a la Administración*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V 5taª Edición Capitulo, 10. – Santa Fe, México
- [12]. OkeClinton, Ayodeji ; Aigbavboa, O. *Sustainable Value Management for Construction Projects*, (2017) © Springer International Publishing AG A.E. Oke and C.O. Aigbavboa, DOI 10.1007/978-3-319-54151-8_2 13
- [13]. Ledesma, Ángela Ester – *Manual para formadores en Gestión Judicial Estratégica* (2017) Presidencia de la Nación;

Modelo de simulación para gestión hospitalaria

Nahuel Romera, Andrés Caminos, Mariela Michel
*Universidad Del Salvador, Facultad de Ingeniería (USAL-FI),
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz (UTN-FRSC),
Universidad de Buenos Aires (UBA)*

nahuel.romera@gmail.com - andres.caminos@gmail.com - michelmariela_rs@hotmail.com

RESUMEN

La Administración Hospitalaria es una actividad primordial para aquellos profesionales que se encuentran a cargo de la conducción de las organizaciones y redes que proveen servicios de cuidado de la salud tanto públicas como privadas. El contexto global que impacta en el sector de la salud exige contar con profesionales capacitados para la conducción que puedan administrar los diversos niveles de las organizaciones sanitarias y también la ayuda de técnicas avanzadas de análisis matemático como la simulación que permiten analizar el desempeño futuro de las distintas políticas de gestión de corto, mediano y largo plazo. Es por ello que desarrollamos un modelo de simulación multiparadigma capaz de integrar metodología de simulación probabilística, dinámica, discreta con la utilización de agentes que permite revelar, a través del entramado interno, análisis estadístico, y proyecciones en 2 y 3 dimensiones, las causas estructurales que provocan las deficiencias de los resultados de los ejercicios económicos como así también los pobres niveles de servicio de las organizaciones sanitarias para luego encontrar la configuración óptima de operación que permita cumplir con la rentabilidad requerida y los niveles de servicio esperados. Gracias al modelo de simulación multiparadigma los directivos de las organizaciones sanitarias pueden ser capaces de tomar decisiones estratégicas y operativas, realizar reingeniería de procesos como dimensionar salas de espera, capacidad de camas de internación, cantidad de recursos humanos y tecnológicos ante aumentos de la demanda prevista. El modelo de simulación que hemos desarrollado facilita la toma de decisiones por cuanto permite incorporar cambios dinámicos y ver la respuesta del sistema sanitario u hospitalario. La simulación permite ensayar distintas hipótesis y decidir cuáles son las políticas de máximo apalancamiento que se deberían aplicar en dependencia de los objetivos buscados.

Palabras Claves: Simulación, Gestión Hospitalaria, Optimización de Recursos, Triage

ABSTRACT

The Hospital Administration is a primary activity for those professionals who are in charge of leading the organizations and networks that provide both Public and Private health care services. As the global context impacts directly on the health sector, it requires to have trained healthcare professionals to manage organizations at different levels with advanced techniques of mathematical analysis such as simulation that allows the evaluation of the future performance for short, medium and long term management policies. Owing to this, we developed a multiparadigm simulation model capable of integrating a probabilistic, dynamic, and discrete simulation methodology with the use of agents that allows us to reveal, through the internal framework, statistical analysis and projections in 2 and 3 dimensions, the structural causes that generate deficient economic results and poor service conditions of the sanitary organizations to find the optimal operational configuration for the company to meet the expected profitability and service levels. Thanks to the multiparadigm simulation model, managers of healthcare organizations could be able to make strategical and tactical decisions, support processes reengineering design such as sizing of the waiting rooms, capacity of the hospital beds and number of human and technological resources needed in case of increases in demand. The developed simulation model facilitates decision-making since thanks to the incorporation of the dynamic changes, it is able to evaluate the response of healthcare and hospital system. The simulation allows test hypotheses and decide which are the maximum leverage policies that should be applied depending on the target objectives.

Keywords: Simulation, Hospital Management, Resource Optimization, Triage.

INTRODUCCIÓN

Los servicios de emergencia constituyen parte fundamental en todos los hospitales, clínicas y otros establecimientos sanitarios, pues son el primer contacto para los pacientes en situaciones de riesgo con el sistema de salud. Con el paso de los años, los servicios de emergencias han experimentado un aumento en la demanda de atención, que ha conducido en muchos centros a una saturación con exceso de demanda de atención en los servicios de guardia. Esto se traduce en tiempos de espera prolongados e inaceptables desde el punto de vista de la calidad del servicio y constituye un problema de salud pública, no sólo en Argentina sino en muchos países, Soler (2010), Gómez (2006).

Nuestro espíritu de ingenieros nos impulsa en la búsqueda de la mejora continua de procesos en diversas áreas de procesos y servicios, en esta oportunidad enfocamos nuestro esfuerzo en modelar un hospital público donde pueda evidenciarse alguna deficiencia en el servicio prestado a los pacientes en referencia con algunas métricas estandarizadas por la comunidad internacional. Es así que elegimos un hospital general de niños de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), y las métricas asociadas al sistema CTAS (Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale) que aporta los estándares con los que debería manejarse una guardia hospitalaria en función de la urgencia recibida, Fernández (2010).

El caso de estudio comenzó a analizarse a principios de 2020 con el objeto de analizar los niveles de prestación de servicio del hospital a fin de encontrar cuellos de botellas y puntos de mejora expresados para una reingeniería de procesos. Con la aparición del COVID-19 el modelo se fue adaptando a la nueva coyuntura que implicaba nuevos protocolos de manejo de las guardias que se iban alimentando de la forma de proceder de los países europeos que sufrían los colapsos debido a la gran cantidad de pacientes infectados por esta pandemia. Así fue como nuestro modelo de simulación fue mutando, pasando de un servicio con un protocolo establecido a diversos cambios de estrategias de atención según el éxito o fracaso percibido en las guardias médicas del extranjero. Existe un consenso generalizado, que la calidad en la atención del paciente se beneficia de la implementación del triage estructurado y de la categorización de la urgencia en los servicios de guardia. Esto se hace más aparente cuando la sobresaturación de los servicios aumenta y los recursos disponibles disminuyen, momento en el cual es necesario controlar el riesgo de los pacientes. Por otra parte, el análisis de los tiempos de espera según el nivel de triage o de prioridad de urgencia, proporciona una herramienta clara y comparable para definir el nivel de saturación que sufre un servicio de urgencias en un momento dado.

Los sistemas de triage (método de selección y clasificación de pacientes) están basados en opiniones de expertos y plantean una serie de preguntas abiertas y cerradas en base al motivo de consulta que facilitan la discriminación del estado de urgencia de los pacientes. Estos niveles de urgencia se ordenan desde el nivel 1 al nivel 5 según un grado decreciente de urgencia, Gómez Jiménez (2011). Actualmente se reconocen cinco modelos de triage estructurado con una amplia implementación:

- La *Australian Triage Scale* (ATS) desarrollado a partir del NTS
- La *Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale* (CTAS)
- El *Manchester Triage System* (MTS)
- El *Emergency Severity Index* (ESI)
- El *Sistema Español de Triage* (SET) adoptado por la Sociedad Española de Medicina de Emergencias (SEMES) a partir del Modelo Andorra de Triage (MAT)

Ante la necesidad de facilitar los medios para la clasificación de paciente se implementó un triage de cuatro niveles: rojo (riesgo de vida), amarillo, verde y celeste según la de gravedad de la presentación del paciente, sistema basado en CATS y adoptado por Argentina para servicios de emergencia. Además, en el contexto del COVID-19 se dividió a los pacientes en dos categorías al momento del triage, denominadas como **sospechoso** y **no sospechoso** de COVID-19 con atención en lugares diferenciados, con el fin de garantizar la asistencia de la población evitando al máximo la diseminación de la enfermedad. Estas subcategorías se aplican sólo a los pacientes clasificados como **verdes** y **amarillos**. Los pacientes clasificados como **celestes** se entienden que, por su condición de clasificación, son pacientes con urgencia leve y que no tienen síntomas respiratorios producto del COVID-19. Los pacientes clasificados como **rojos** tienen **prioridad alta** y son atendidos de forma inmediata en la guardia del hospital independientemente de si es o no sospechoso.

1. UNIDADES FEBRILES DE URGENCIA (UFU)

2.1 Estructura de una UFU

El principal cambio en la estructura de guardia que provocó la pandemia del COVID-19 fue el agregado de una **Unidad Febril de Urgencia (UFU)** y una **Unidad Transitoria de Aislamiento (UTA)**, que permitiera atender de forma exclusiva a los pacientes clasificados como categoría **verde sospechoso** (pacientes de baja prioridad “verde” pero “sospechoso” de ser portador de COVID-19).

En materia de servicios, la UFU se encarga de brindar servicios en los rangos horarios de 8:00 a 20:00. En términos edilicios, se incorporaron como nuevos anexos a las guardias de los hospitales montando estas estructuras en los estacionamientos o lugares aledaños a los predios de los hospitales. Se hace la referencia al plural de hospital ya que fue una política sanitaria de aplicación conjunta para 17 hospitales públicos en el área de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La figura 1, muestra la ubicación de las unidades UFU en CABA.



Figura 1. Ubicación de UFUs en CABA. Fuente: Gobierno de CABA

La figura 2 siguiente muestra la instalación de unidades UFU en los hospitales públicos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Con la ayuda de los planos de planta de las unidades UFU como la figura 3, pudimos armar nuestro diagrama de planta para la situación a modelar junto al resto de funciones del hospital.



Figura 2: Unidades UFU móviles en hospitales de CABA. Fuente: Gobierno de CABA

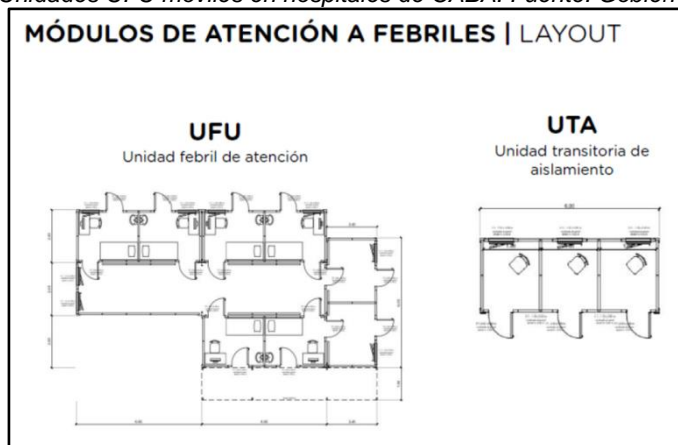


Figura 3. Plano de planta de unidades UFU. Fuente: Gobierno CABA

Esta estructura edilicia fue la utilizada originalmente para construir el modelo, pero terminó migrando hacia una integración de UFU y UTA con 9 unidades de aislamiento en lugar de 3, usando recursos del hospital. Finalmente, el plano de planta utilizado en el modelo es el que muestra la figura 4.

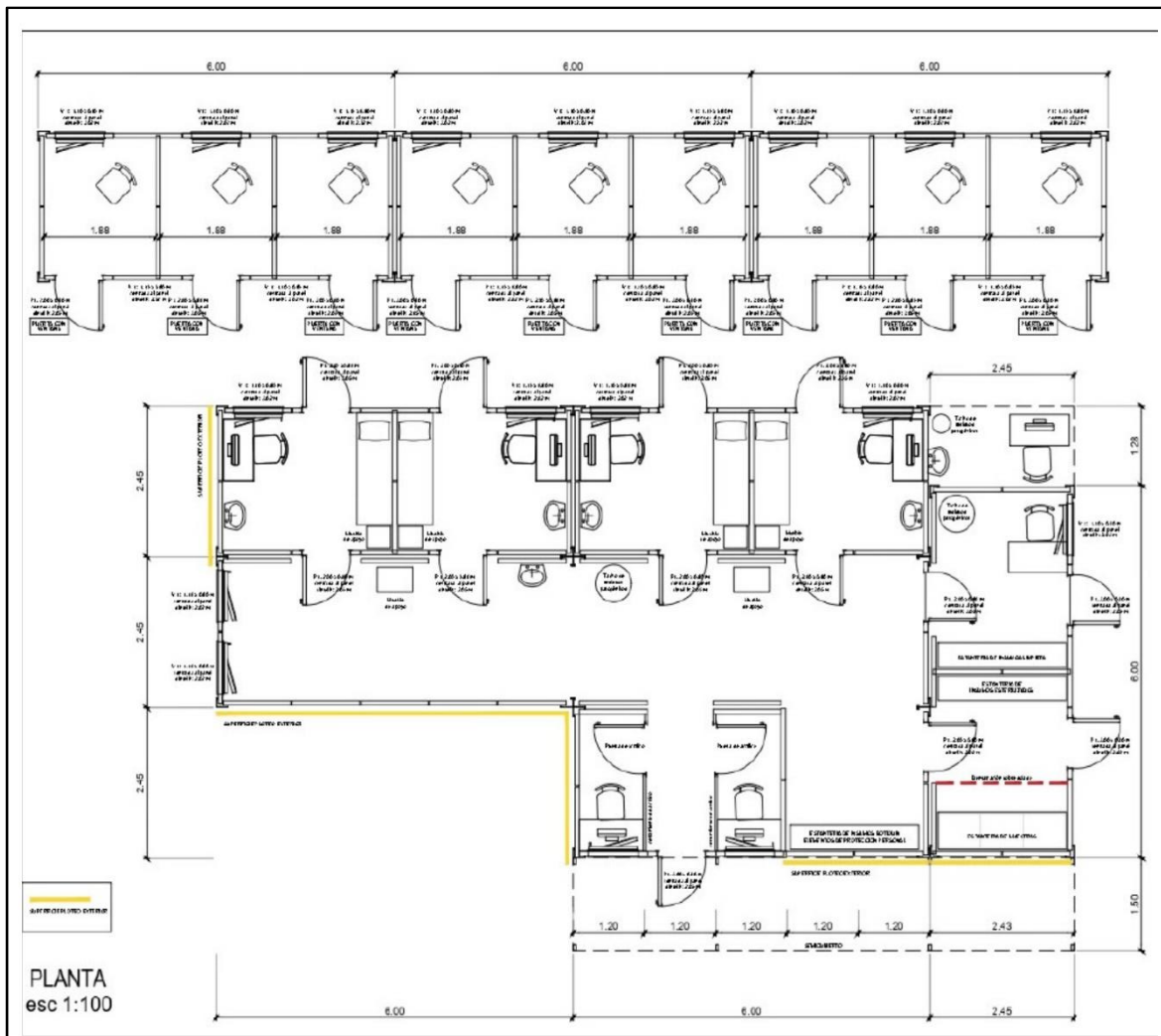


Figura 4. Plano de planta objeto de simulación. Fuente: Gobierno de CABA

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La siguiente figura 5 muestra el plano de planta de la UFU y UTA más los recursos del hospital que esquematiza la circulación interna del paciente que llega al hospital para ser atendido



Figura 5. Circulación de pacientes en UFU y UTA. Fuente Gobierno de CABA

Esta estructura de UFU se conformó para que los consultorios de interrogatorio se encarguen, uno de realizar el triage del paciente para su clasificación (A) y el otro de realizar la admisión del paciente (B) si así corresponde su clasificación (**verde sospechoso**) derivando al servicio de guardia cualquier otro tipo de clasificación independientemente del horario de servicio de la UFU. Una vez que el paciente es ingresado a la UFU, lo primero que deber hacer es lavarse las manos según el lugar y protocolo indicado (C). Luego toma asiento en una de las cuatro sillas disponibles en la mini sala de espera y es allí donde una enfermera le toma la temperatura y signos vitales (D). Luego de esto, el paciente se dirige al **consultorio 1** donde le realizarán la ficha epidemiológica e hisopado (E). Una vez realizado el proceso, el paciente se dirige al **consultorio 4** donde el médico le realizará el examen físico y tratamiento indicado (F) según los datos informados por la enfermera y el médico del consultorio 1. Del tratamiento indicado puede surgir tres situaciones a saber:

- 1) Que envíen al paciente a la UTA (Unidad Transitoria de Aislamiento) (G) (total 9 unidades por UFU) a fin de esperar los resultados del hisopado. (Se debe tener en cuenta que, debido a demoras con los laboratorios, el tiempo que pueden permanecer en la UTA es de entre 4

y 8 horas). Luego del resultado del hisopado pueden derivar al paciente según lo indicado en los siguientes puntos 2) y 3).

- 2) Que envíen al paciente al domicilio, hoteles o grandes centros de refugio (H).
- 3) Que envíen al paciente a la guardia para ser revisado por algún otro síntoma (I).

En este apartado es importante mencionar lo que ocurre cuando se llega al fin de turno de la UFU. Si se llega a las 20 horas (horario de cierre de la UFU) y hay pacientes en el interior de la UFU (cubículos de aislamiento, atendidos por el médico del consultorio 1 y/o 4, atendidos por las enfermeras o en sala de espera de la UFU) automáticamente se traslada a esos pacientes a la guardia para que continúen el proceso.

Cabe destacar, que el enfermero de la UFU no sólo mide los signos vitales y temperatura del paciente verde sospechoso, sino que también prepara los cubículos de aislamiento desinfectando el área a ser utilizada por el paciente. Esto es relevante a la hora de analizar los cuellos de botella del sistema. Por otra parte, si un paciente llega en el horario de servicio de la UFU y este es clasificado en el triage como celeste, verde no sospechoso o amarillo no sospechoso, se los deriva a la guardia del hospital. Si el paciente es clasificado como rojo, el médico del triage acompaña al paciente hasta la sala de Shock Room que se encuentra dentro de la guardia. Esto es importante de subrayar dado que el procedimiento implica abandonar el sector de triage provocando posibles cuellos de botella. La lógica descrita esta resumida en la figura 6 y adoptada para la construcción del modelo, respetando todo lo más cercano posible a la situación real.

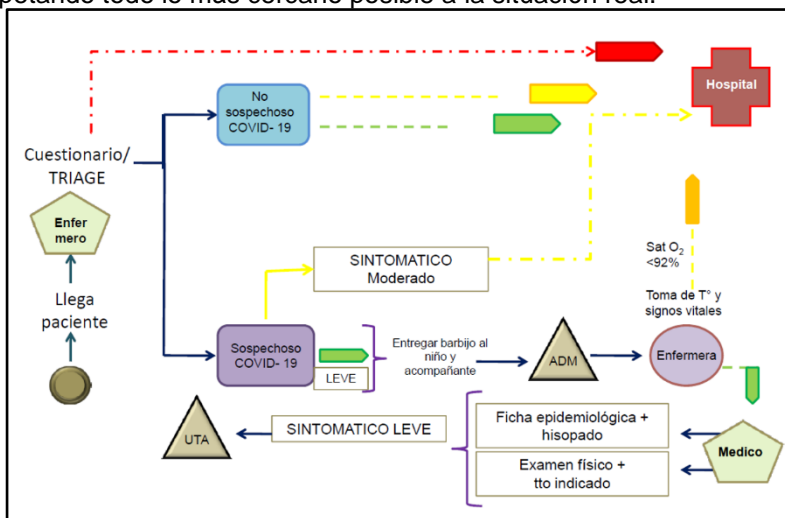


Figura 6. Circuito de Pacientes en UFU. Fuente: Gobierno CABA

3.1 Recolección de Datos del Proceso

En la tabla 1, se detallan los tiempos estimados de servicio de la UFU del hospital según observación de campo suministrada por el equipo médico de trabajo del hospital.

tiempos triangulares teóricos en base a la experiencia (mínimo, promedio, máximo) de UFU:	mínimo	promedio	máximo
1- demora en atender en triage	1 min	3min	5min
2- demora en registrar paciente	1 min	3min	5 min
3- tiempo en lavarse las manos un paciente	40 seg	50 seg	60 seg
4- demora que tiene una enfermera en tomar la temperatura y signos vitales	1 min	2 min	3 min
5- demora que tiene el primer médico en la ficha epidemiológica + hisopado	1 min	3 min	5 min
6- demora que tiene el segundo médico en el examen físico + tto indicado	10 min	15 min	30 min
7- demora que tiene la enfermera en preparar uno de los 9 cubículos de aislamiento antes de que llegue el paciente en caso que corresponda.	3min	5min	10min
8- demora que tiene la enfermera con el paciente en el cubiculo de aislamiento.	1min	3 min	5 min
9- demora que tiene el paciente dentro del cubiculo de aislamiento	4hs	6hs	8hs
10- demora que tiene la enfermera con el paciente cuando lo va a retirar del cubiculo de aislamiento.	1min	3 min	5 min

Tabla 1: Estimación de tiempos de servicio en UFU. Fuente: Equipo médico hospital CABA

Con el fin de que el modelo de simulación tenga una base de operación estocástica, todos los tiempos de servicio fueron concebidos tomando una distribución estadística de tipo triangular donde se consigna un tiempo de servicio mínimo probable, un tiempo medio probable y un tiempo máximo probable. Estos datos fueron cargados en los bloques de operación del modelo de modo de representar la realidad teniendo en cuenta las componentes aleatorias de las actividades humanas.

3.2 Funcionamiento de la Guardia del Hospital

En el caso de la guardia del hospital, la pandemia del COVID-19 provocó entre otros cambios la división de la guardia en dos sectores, un sector denominado **Zona Limpia** para albergar a los pacientes clasificados como **no sospechosos**, y un sector denominado **Zona Sucia** para albergar a los pacientes clasificados como **sospechosos**. Esta modificación implicó una redistribución en el circuito de circulación interna tanto de pacientes como de médicos y enfermeros. En materia de servicios, la guardia se encarga de brindar servicios las 24 horas del día, pero el servicio de triage se provee en los rangos horarios de 20:00 a 8:00.

Con el distanciamiento social instaurado se tuvo que reestructurar el uso de la sala de espera en la guardia, de modo que puedan utilizarse solamente 12 sillas de las 60 disponibles lo cual reduce drásticamente el espacio disponible para la espera de pacientes. Más allá del distanciamiento, en la misma sala de espera convivirán los pacientes sospechosos y los no sospechosos con la diferencia

de que a los primeros se les entregará elementos de protección personal como guantes y barbijos. La administración del hospital decidió utilizar una silla de por medio por lo que quedan 12 disponibles en sala de espera. Las salas de observación 1, 2, 3 y 4 (figura 7) como así también el Shock-Room tienen todo el equipamiento necesario para el tratamiento de casos de reanimación. La figura 7 muestra el plano de planta de la Guardia que esquematiza la distribución interna de los recursos. La lógica del funcionamiento real no nos permite explicarla en este documento de tamaño reducido.



Figura 7. Distribución en planta de los servicios médicos. Fuente: Gobierno de CABA

Las figuras 8 y 9 muestran la lógica de funcionamiento y atención de pacientes en la guardia de 0 a 24hs. La figura 8 cuando están en funcionamiento las unidades UFU (de 08:00 a 20:00 horas) y la figura 9 cuando funciona el triage de la guardia del hospital en horarios de 20:00 a 08:00.

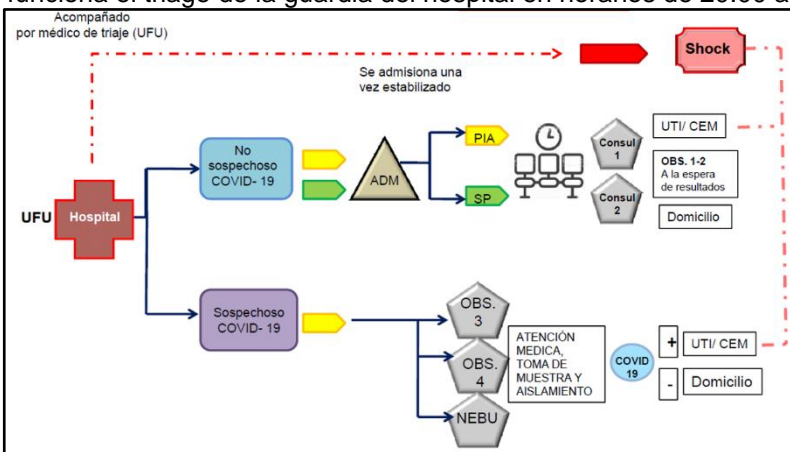


Figura 8. Circulación intrahospitalaria de pacientes en horarios de 08:00 a 20:00 hs. Fuente: CABA

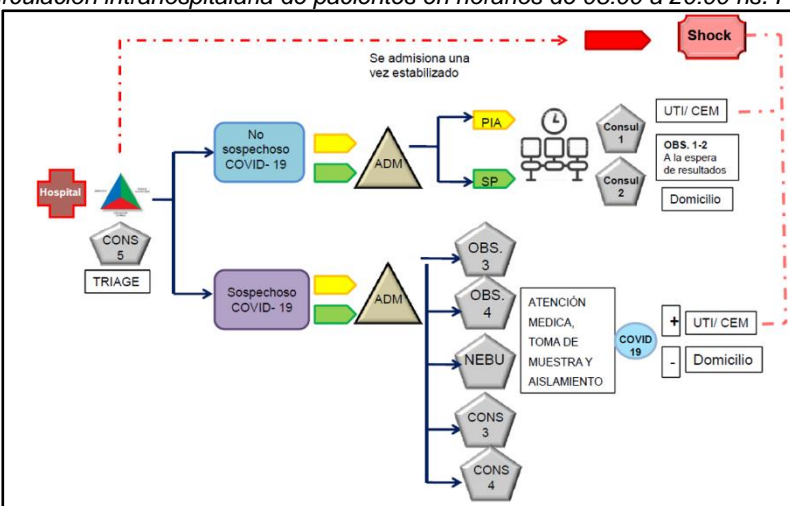


Figura 9. Circulación intrahospitalaria de pacientes en horarios de 20:00 a 08:00 hs. Fuente: CABA

3.3 Prioridades de atención

Para todos los casos de guardia, la atención de pacientes que esperan en la sala de espera a ser atendidos en los consultorios 1; 2; 3 y 4 (figura 7) dependen de la disponibilidad de los médicos y de las prioridades que existan según la clasificación de pacientes de modo que, si en la sala de espera hay 10 pacientes verdes sospechosos y llega un paciente amarillo sospechoso, este último será atendido primero que los 10 que están esperando. No hay conflicto de intereses entre sospechosos y no sospechosos ya que serán atendidos en sectores diferentes. Por otra parte, cabe

destacar en este punto que, si los médicos están atendiendo a pacientes verdes o amarillos (sospechosos o no), deberán dejar en espera a esos pacientes y atender de forma inmediata a los pacientes rojos si es que no hay médicos disponibles que estén desocupados. En el caso de observación 1; 2; 3; 4 y nebulizatorio, siempre tendrán prioridad los pacientes rojos por sobre el resto. Luego los amarillos tendrán prioridad por sobre los verdes y estos últimos tendrán prioridad por sobre los celestes.

3.4 Manejo de Turnos

El uso de recursos como salas de espera, camas, ambulancias, sillas de espera, admisión de internación, camas de internación, etc. supone un turno permanente de 24 horas por lo que el modelo presume que no habrá indisponibilidad de recursos por rotura o mantenimiento. Esta suposición es por falta de información de los modeladores acerca de ese comportamiento. Sin embargo, modelar esos tópicos sería muy sencillo de realizar con unas pocas configuraciones de los recursos. Los médicos y enfermeros se suponen que realizarán 3 turnos de 8 horas cada uno. Las estadísticas son recogidas por grupos de médicos debido a que cada turno de cada grupo y termina convergiendo en los mismos valores promedio con los resultados de la simulación. Por cuestiones de espacio en el documento no se colocan las tablas con los tiempos de atención.

3. METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN (VERIFICACIÓN)

El modelo de simulación se realizó con el software **AnyLogic versión PLE** que por sus limitaciones operativas (versión libre con restricciones) implicó la construcción del modelo por fases donde cada fase representó el movimiento de cada paciente según su clasificación. Esto permitió manejar las limitaciones de la versión libre del software. Por último, se utilizó la versión profesional de 30 días de prueba para unir todas las partes del modelo y ejecutar simulaciones de optimización. En cada fase se tomaron en cuenta tiempos de espera en cola, tiempos de atención de triage, tiempos de atención de médicos pos triage y sus respectivas derivaciones a domicilio, observación y/o internación con toda la maquinaria de análisis estadístico de comportamientos de los pacientes como de la utilización de los recursos.

Todas las pruebas de comportamiento se realizaron considerando escenarios de llegadas de pacientes de mínima, media y máxima teniendo en cuenta la implementación del método de simulación Montecarlo1 que realiza la multivariación de la estructura estocástica del sistema en el período de operación de 1 año calendario de modo de poder observar la convergencia de cada trayectoria multivariada y así poder encontrar la estandarización de los resultados conforme a sus parámetros de entrada. Luego se implementó Montecarlo1 y Montecarlo2 para ver la respuesta de cada fase ante la variación de los parámetros de entrada con el fin de analizar el impacto de una reingeniería de procesos y analizar que el modelo responda en cada fase conforme a las modificaciones planteadas. Se buscó que el modelo respondiera con todas las métricas planteadas a fin de verificar el correcto funcionamiento en términos de operaciones lógicas.

4.1 Índices de calidad esperados según CTAS

Los índices de calidad (IC) que se buscan perseguir en pos de respetar los estándares de calidad internacional son los sugeridos por el CTAS. En resumidas cuentas, el modelo de simulación recoge las estadísticas de 1 año de simulación (24x7x365) mostrando los resultados de cada punto a evaluar por los IC del CTAS. Los indicadores más importantes del CTAS son:

1. **Tiempo de llegada/registro-triage:** El IC de tiempo llegada/registro-triage se define como el porcentaje de pacientes con este tiempo (≤ 10 minutos) sobre el total de pacientes clasificados. Se establece un estándar de cumplimiento $>$ al 85%. Complementariamente establecemos un IC de tiempo registro-triage ≤ 15 minutos, con un estándar $>$ al 95% de cumplimiento.
2. **Tiempo de duración del triage:** se recomienda que el tiempo de duración de la clasificación sea \leq a 5 minutos en $> 95\%$ de los pacientes clasificados.
3. **Tiempo de espera para ser visitado por el médico:** se establece que, al menos un 90% de los pacientes, tienen que ser visitados por el equipo médico en un tiempo menor a 2 horas desde su clasificación y el 100% en \leq a 4 horas.

4. VALIDACIÓN DEL MODELO

Si bien el cumplimiento de los IC establecidos por el CTAS es un objetivo a perseguir por el hospital en estudio, actualmente el hospital no cuenta con personal para realizar las mediciones de los indicadores mencionados por lo que no hay registros históricos ni actuales sobre esos IC. Sin embargo, para validar el comportamiento del modelo, se mostró el funcionamiento a los médicos de la guardia y estos confirmaron todas las secuencias de operación y funcionamiento acorde a lo que ocurre en la realidad en términos de procesos.

Además, según la experiencia de los médicos, el modelo representó lo que actualmente ocurre en la guardia en cuanto a la saturación de servicio donde se registra la llegada de 100 pacientes diarios en promedio sin experimentar saturación de servicios pero, en años anteriores (sin cuarentena y con promedio de llegada de entre 200 y 500 pacientes diarios) el nivel de saturación de los servicios habitualmente es muy elevado produciéndose colapsos en la guardia que redundan en cuellos de

botella que provocan extensas colas de espera, pacientes que se retiran del hospital sin ser atendidos por los médicos tal como se muestra en la simulación para ese orden de llegadas diarias. La diferencia entre las experiencias pasadas y la actualidad es que en este caso de cuarentena y distanciamiento social aún no se experimentaron llegadas de más de 100 pacientes diarios que permitan ver si se cumple el comportamiento simulado por parte de los pacientes. Uno de los puntos a validar es la pérdida de pacientes por impaciencia que fue modelada según los criterios de los médicos y creadores del modelo, pero sin contar con datos fehacientes sobre este comportamiento. No obstante, el modelo se autoajusta a esta variable de decisión aumentando la saturación en caso de disminuir el retiro de pacientes o bien disminuye la utilización de servicios en caso de que aumente la permanencia de los pacientes en las colas de espera.

5. EXPERIMENTACIÓN CON EL MODELO

Como se mencionó anteriormente, la pandemia del COVID-19 generó muchos cambios de comportamientos en la sociedad, algunos por incentivo propio de la población y otros como la “cuarentena” de forma obligada por los gobiernos Nacionales y provinciales. La cuarentena produjo un cambio significativo en los niveles de utilización del servicio hospitalario, sobre todo en los primeros meses donde se notó una merma significativa en las guardias pasando de umbrales de máxima de 500 pacientes diarios a 100 pacientes diarios. Si bien, al momento de la redacción de este informe (agosto 2020) comienza a evidenciarse un alza en la cantidad de pacientes que llegan a las guardias, no ocurre esto para el hospital de estudio (hospital de niños).

La llegada de pacientes se estima en 500 consultas diarias en épocas de mayor demanda distribuidas según los siguientes rangos horarios: de 8 a 14 unos 100 pacientes, de 14 a 20 unos 300 pacientes y de 20 a 8 unos 100 pacientes.

Por lo explicado anteriormente, se plantean los siguientes tres escenarios de base más un escenario de optimización integral.

1. **Un escenario de mínima** que contempla la llegada de un máximo de 100 pacientes diarios distribuidos según una distribución estadística de Poisson.
2. **Un escenario variable** que contempla las llegadas entre el 30% y el 100% de las llegadas reportadas por rango horario. Esto es, por cada día que transcurre en el modelo se toma el rango horario y se modifica el tiempo entre llegadas con un mínimo del 30% y máximo de 100% de modo que se obtenga un comportamiento completamente aleatorio y no atado a la rigidez de la información recibida.
3. **Un escenario de máxima** que contempla las llegadas según lo reportado por el hospital.
4. **Un escenario de optimización** de recursos que busca cumplir con los IC establecidos por el CTAS.

Todos los escenarios contemplan el uso de recursos planificados para la atención de alta demanda.

6.1 Resultados Obtenidos

Escenario 1 (mínima): de los 36595 pacientes que ingresaron al hospital (aproximadamente 100 pacientes/día * 365 días), 21 se retiraron luego haberse realizado el triage y antes de ser atendidos por un médico. El motivo del retiro es la impaciencia del paciente. Luego, la cantidad de pacientes atendidos es del 36574 siendo el índice de calidad de atención (los que llegaron al hospital vs los que efectivamente fueron visitados por un médico) de aproximadamente el 100% (99,942%). A continuación, se muestran los IC obtenidos:

Triage y cola triage para la UFU y la guardia

En ambas colas el 99% de los pacientes fue atendido en menos de 10 minutos y sólo el 1% superó los 15 minutos de modo que cumple con el IC. Respecto a los pacientes perdidos por impaciencia en la cola de triage es 0 y cumple con el IC que pretende que sea menor al 2%. Los tiempos de triage fueron menores a 5 minutos para todos los casos.

Nivel de servicio Médico posterior al triage de la guardia y la UFU

Respecto a la visita médica de aquellos que se realizaron el triage en la guardia, el 98% fue visitado antes de las 2 horas y el 100% fue atendido antes de las 4 horas. Sobre la visita médica de aquellos que realizaron el triage en la UFU, el 79% fue visitado antes de las 2 horas y el 97% dentro de las 4 horas quedando un 3% por fuera de lo esperado.

IC de porcentaje de atención en función de la prioridad de los pacientes

El 100% de los pacientes rojos fueron atendidos de forma inmediata cumpliendo el IC. Para los amarillos el tiempo promedio en ser atendido es de 14.38 minutos y se estarían cumpliendo los rangos de menos de 15; 20 y 30 minutos mientras que el rango de 45 minutos está algo por encima de los valores esperados, incluso hay un 7% que está por encima de los 45 minutos no cumpliendo con el IC establecido para esta prioridad, aunque sí para el resto.

Para los verdes el tiempo promedio en ser atendido es de 43.25 minutos y no se estarían cumpliendo los IC establecidos para esta prioridad donde se requiere el 75% antes de los 30 minutos y ese cumplimiento se da para el 70% de los casos. Tampoco se cumple el resto de los rangos. Para los celestes el tiempo promedio en ser atendido es de 7.12 minutos y se estarían cumpliendo los IC establecidos para esta prioridad.

Escenario 2 (intermedio): de los 120996 pacientes que ingresaron a ser atendidos, 54776 se fueron del hospital por impaciencia. De esos 54776, 3067 se fueron por impaciencia en la cola de triage de la UFU, 51393 se fueron por impaciencia en la cola de triage de la guardia y luego haberse realizado el triage y antes de ser atendidos por un médico se fueron 316. El índice de calidad de atención (los que llegaron al hospital vs los que efectivamente fueron visitados por un médico) es aproximadamente el 55% siendo muy alto el porcentaje de pacientes perdidos por impaciencia.

Triage y cola triage para la UFU y la guardia

En la cola del triage guardia el 99% de los pacientes fue atendido superando los 15 minutos por lo que no se cumple con el IC. Respecto a los pacientes perdidos por impaciencia en la cola de triage es del 53% y tampoco cumple con el IC que pretende que sea menor al 2%. Los tiempos de triage fueron menores a 5 minutos para todos los casos.

En la cola del triage de la UFU el 77% de los pacientes fue atendido superando los 15 minutos por lo que no se cumple con el IC. Respecto a los pacientes perdidos por impaciencia en la cola de triage es del 14% y tampoco cumple con el IC que pretende que sea menor al 2%. Los tiempos de triage fueron menores a 5 minutos para todos los casos.

Nivel de servicio Médico posterior al triage de la guardia y la UFU

Respecto a la visita médica de aquellos que realizaron el triage en la guardia, el 45% fue visitado antes de las 2 horas, el 64% fue atendido antes de las 4 horas y el 36% por encima de las 4 horas no cumpliendo con el IC esperado. Sobre la visita médica de aquellos que realizaron el triage en la UFU, el 39% fue visitado antes de las 2 horas, el 55% dentro de las 4 horas quedando un 65% por fuera de lo esperado.

IC de porcentaje de atención en función de la prioridad de los pacientes

Para todas las prioridades no se cumple con ninguno de los IC esperados.

Escenario 3 (máxima): De los 185789 pacientes que ingresaron a ser atendidos, 118221 se retiraron del hospital por impaciencia. De esos 118221, 14070 se fueron por impaciencia en la cola de triage de la UFU, 103823 se fueron por impaciencia en la cola de triage de la guardia y luego haberse realizado el triage y antes de ser atendidos por un médico se retiraron 328.

684 son los pacientes que al momento de la finalización del modelo están entre en cola de espera y los procesos intermedios antes de ser atendidos por un médico. El índice de calidad de atención (los que llegaron al hospital vs los que efectivamente fueron visitados por un médico) es aproximadamente el 36% lo cual es extremadamente bajo considerando una alta demanda. Los indicadores IC de comparación son los siguientes:

Triage y cola triage para la UFU y la guardia

No se cumple ninguno de los índices existiendo una fuerte discrepancia con los IC esperados.

Nivel de servicio Médico posterior al triage de la guardia y la UFU

No se cumple ninguno de los índices existiendo una fuerte discrepancia con los IC esperados.

IC de porcentaje de atención en función de la prioridad de los pacientes

No se cumple ninguno de los índices existiendo una fuerte discrepancia con los IC esperados.

Escenario de optimización (con demanda intermedia): de los 124000 pacientes que ingresaron al hospital (difiere del escenario 2 por la semilla aleatoria), 32 se retiraron antes de haberse realizado el triage en la guardia y 14 se fueron antes de ser atendidos por un médico. El motivo del retiro es la impaciencia del paciente. Luego, la cantidad de pacientes atendidos es de 124354 siendo el índice de calidad de atención (los que llegaron al hospital vs los que efectivamente fueron visitados por un médico) es aproximadamente el 100% (99,96%). A continuación, se muestra el cumplimiento de todos los IC

Triage y cola triage para la UFU y la guardia

El 91% de los pacientes fue atendido en menos de 10 minutos y el 8% superó los 15 minutos por lo que un 3% no cumplió con el IC. Respecto a los pacientes perdidos por impaciencia en la cola de triage es 0 y cumple con el IC que pretende que sea menor al 2%. Los tiempos de triage fueron menores a 5 minutos para todos los casos. Para el caso de la UFU se cumplen con todos los IC.

Nivel de servicio Médico posterior al triage de la guardia y la UFU

Respecto a la visita médica de aquellos que se realizaron el triage en la guardia, el 93% fue visitado antes de las 2 horas y el 98% fue atendido antes de las 4 horas quedando un 2% fuera del IC esperado y el porcentaje de abandonos es de 1/100000 pacientes. Respecto a la visita médica de aquellos que realizaron el triage en la UFU, el 100% fue visitado antes de las 2 horas.

IC de porcentaje de atención en función de la prioridad de los pacientes

El 98% de los pacientes rojos fueron atendidos de forma inmediata, aunque el 1% superó los 7 minutos de máxima. Para la prioridad amarillo cumple con los tres primeros rangos quedando afuera el IC que solicita que el 100% se atienda dentro de los 45 minutos. El 8%

de los pacientes amarillos se atiende después de los 45 minutos siendo el promedio de atención de 17.85 minutos

Para la prioridad verde cumple con los dos primeros rangos quedando afuera el IC que solicita que el 100% se atienda dentro de los 120 minutos. El 10% de los pacientes verdes se atiende después de los 120 minutos siendo el promedio de atención de 34.6 minutos. Para la prioridad celeste se cumple con todos los rangos siendo el promedio de atención de 15.01 minutos. Estos tiempos tienen que ver con que los celestes sólo van a zona limpia cuyos recursos tienen un nivel de utilización bajo como se mostró en todos los escenarios, incluso los de alta demanda ya que el porcentaje de no sospechosos es bajo.

Se ensayaron y analizaron muchas más combinaciones de demanda aleatoria y variaciones en las semillas generadoras de números aleatorios. Los resultados más relevantes se resumieron en los 4 escenarios anteriores.

Mucho de la lógica de atención debió ser programada en Java, puesto que Anylogic es un simulador de propósitos generales, que permite hacer muchas cosas, pero pocas específicas y detalladas, por ello la lógica de horarios de atención por recurso, ocupación de camas, movimiento de pacientes dentro del espacio representado por el layout, turnos de trabajo de cada persona, cumplimiento comparativo de índices de calidad, IC, y más, debió ser programada dentro de la estructura del modelo. Además, se obtienen muchos gráficos y tablas de distinto tipo mostrando el análisis detallado del funcionamiento de cada recurso y parte del modelo, pero no disponemos de espacio en este informe para incluirlas.

7. CONCLUSIONES

El principal cuello de botella se experimenta en las demoras que se producen en la entrega de resultados de hisopados en la UTA. Esto hace que todos los pacientes que no pueden ingresar a la UFU se pasen a la cola de la guardia en el cambio de turno aumentando el tiempo de espera que se da en la cola de triage guardia. Por otra parte, esta demora hace que todos los pacientes que están en la UFU al momento de cambio de turno pasen a la guardia ocupando las camas de observación y los médicos correspondientes.

Por el momento, las técnicas de análisis de las muestras hisopadas llevan una duración de entre 5 y 6 horas en laboratorios externos al hospital que implican un proceso en lotes donde hay un proceso de extracción del ARN y luego la amplificación y reacción para determinar si el ARN tiene o no el virus del COVID-19, pruebas PCR. Luego, hasta que los resultados se entregan al hospital puede llevar un total de 8 horas desde que se realizó el hisopado. Mientras el paciente sigue esperando. Además, se observan cuellos de botellas “aguas abajo” del proceso de triage provocando congestiones en la salida del triage. Este comportamiento está asociado a la disponibilidad de recursos y el manejo de los flujos de pacientes.

Para evitar la saturación del sistema se realizaron ensayos de reingeniería de procesos modificando el destino que se le da a los pacientes que deben esperar los resultados del hisopado en caso de que se encuentren saturados los cubículos de la UTA como así también la reasignación de la disponibilidad de recursos tanto en la UFU como en la guardia.

La estructura de reingeniería no se plasma en el documento, aunque sí se evidencian las mejoras en los resultados de la optimización (escenario 4) preliminar mostrando cambios sustanciales en los IC que no se cumplen para el escenario 2 pero sí en la reingeniería de ese escenario. El incumplimiento de algunos IC para el escenario de optimización tiene que ver con el juego de restricciones planteadas ya que además de buscar cumplir con los IC se persiguió la reducción de costos en la utilización de recursos en detrimento de algunos IC que consideramos menos importantes. Levantando ciertas restricciones se puede cumplir al 100% con todos los IC.

Para todos los escenarios planteados no se tuvo en cuenta a los pacientes derivados por falta de camas en internación ya que el modelo hizo foco en el proceso de guardia y la UFU mas no lo que ocurre una vez pasada la guardia ya que supera los límites del diseño. Por supuesto que modelar la necesidad de las camas de internación es sólo unos pequeños ajustes del modelo conforme a las políticas del hospital en términos de reestructuración edilicia para albergar más pacientes.

El modelo puede ser utilizado también para estimar y optimizar la estructura de personal necesario (médicos, enfermeros, laboratoristas, administrativos, etc.) incorporando restricciones de cumplimiento real y analizar la respuesta esperada. También permite una simulación 3D de todo el movimiento de agentes (personas) dentro del layout analizado a fin de visualizar las zonas de congestión y la causa de las mismas. Es una buena herramienta de diagnóstico de capacidad de oferta de servicios ante demanda variable de atención.

8. BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS

- [1]. Fernández et al. Evaluación de la escala canadiense de triage pediátrico en un servicio de urgencias de pediatría europeo. *Emergencias* 2010; 22: 355-360
- [2]. Gómez J. Urgencia, gravedad y complejidad: un constructo teórico de la urgencia basado en el triage estructurado. *Emergencias*; 18: 156-164. 2006.

- [3]. Gómez Jiménez, J Ramon Pardo, P Rua Moncada, C Manual para la implementación de un sistema de triage para los cuartos de urgencias. Organización Panamericana de la Salud. ISBN 978-92-75-33165-1. 2011.
- [4]. Soler, W., Gómez Muñoz, M., Bragulat, E., Álvarez, A. El triage: herramienta fundamental en urgencias y emergencias. An. Sist. Sanit. Navar. 33(supl.1), 55-68. 2010.
- [5]. CTAS. Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale. https://caep.ca/wp-content/uploads/2017/06/module_1_slides_v2.5_2012.pdf

Ventajas y desventajas del Home Office que evidenció el aislamiento social.

Brottier, Lucia Inés*; Nallim Carlos Andrés; Caliguli Elena

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo
Parque General San Martín S/n. Capital. Mendoza
lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar*

RESUMEN

Este trabajo resume la investigación realizada por los alumnos de la cátedra Gestión de las Personas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo con respecto al Home Office en el primer cuatrimestre 2020.

Se han considerado los resultados obtenidos y también las conclusiones de los alumnos en cuanto a su aprendizaje en relación al tema abordado y a otras competencias, como la realización de encuestas con Google Forms y entrevistas virtuales.

Se recurrió principalmente como motivadores de este proyecto a artículos publicados en diferentes medios de nuestro país abordando desde diferentes perspectivas el Home Office.

La situación de la pandemia COVID 19 ha cambiado el mundo y nuestra forma de trabajo. Se evidencian ventajas y desventajas de su aplicación y se reconoce el potencial que tiene y como ha sido una solución de contingencia en esta situación inesperada.

La disponibilidad de herramientas para la comunicación y gestión de actividades – muchas de ellas gratuitas – ha favorecido el proceso de rápida adaptación de trabajadores y empresas. La comunicación y el liderazgo de la conducción siguen siendo dos requisitos prioritarios para el desempeño eficiente y la satisfacción laboral.

Agregamos además algunos datos comparativos de una encuesta realizada en México y en Argentina, ya que contamos con alumnos de intercambio donde se puso de manifiesto que la tendencia es la misma.

Al estar sumergidos en la situación de Aislamiento tanto alumnos como los encuestados se ha llegado a comprender mejor las percepciones de los trabajadores ya que los estudiantes se encuentran en condiciones similares para realizar sus estudios.

Las conclusiones son mayormente favorables al uso del Home Office, si se cuenta con las condiciones adecuadas. Se enfatiza la necesidad del relacionamiento de equipos y la conducción y que situaciones mixtas (presenciales y virtuales) son las más convenientes.

Palabras Claves: Home Office – Tecnologías – Motivación – Productividad

ABSTRACT

This work summarizes the research carried out by the students of the People Management chair (Facultad de Ingeniería - UN de Cuyo) about Home Office at the first semester 2020

The results obtained and also the conclusions of the students regarding their learning in relation to the topic Home Office and other competences, such as conducting surveys with Google Forms and virtual interviews have been considered. Articles published in different media in our country approaching the Home Office from different perspectives, were used mainly as motivators of this project, COVID 19 pandemic has changed the world and the way we work. Advantages and disadvantages of its application are evident and the potential it has and how it has been a contingency solution in this unexpected situation is recognized. The availability of communication tools and activities planning resources- many of them free - has favored the process of rapid adaptation of workers and companies. Communication and driving leadership remain two priority requirements for efficient performance and job satisfaction. We also add some comparative data from a survey conducted in Mexico and Argentina, since we have exchange students where it was revealed that the trend is the same. By being immersed in the situation of Isolation both students and respondents have come to better understand the perceptions of workers since students are in similar conditions to carry out their studies. The conclusions are mostly favorable to the use of the Home Office, if you have the right conditions. The need for team relations and leadership is emphasized and that mixed situations (face-to-face and virtual) are the most convenient

Keywords: Home Office - Technologies - Motivation – Productivity

1. INTRODUCCIÓN

La situación actual dada por la pandemia del COVID 19 ha impulsado la efectiva implementación teletrabajo o trabajo remoto y en particular el home office (trabajo remoto desde el hogar), que si bien no son formas nuevas de trabajo estaban reservadas solo a algunos sectores.

En Argentina solo el 2% utilizaba habitualmente el teletrabajo [1] y en muchas ocasiones el Home Office se ha practicado a través de las áreas de Gestión de Personas como un beneficio de flexibilización al personal permitiendo una o dos veces por semana no asistir a la organización y trabajar desde la casa.

Es un fenómeno que se evidenció a nivel mundial ya que por la alta tasa de contagio del COVID 19 muchas organizaciones para cuidar a sus empleados optaron por el trabajo remoto.

Desde la cátedra Gestión de las Personas (Facultad de Ingeniería – UNCuyo) nos planteamos considerar como se perciben las ventajas y las desventajas para las organizaciones y para sus empleados de la modalidad de Home Office y otros factores que confluyen: el trabajo en equipo, la productividad, el equilibrio vida personal y laboral y las herramientas y conocimientos necesarios entre otros. Se trata de una investigación del tipo cualitativa ya que lo que se releva es la percepción de los encuestados/ entrevistados a través de su experiencia personal

Es evidente que no todas las actividades pueden ser realizadas a través de esta modalidad. Sin embargo, para muchas de ellas como “Farmacity el coronavirus se convirtió en una rampa de despegue para la actividad domiciliaria. Y si bien hay una porción del personal que debe estar al frente de los mostradores, la parte administrativa y de gestión acoge este beneficio “[1]

La Organización Internacional del Trabajo define el teletrabajo como *una forma de trabajo que se realiza en una ubicación alejada de una oficina central o instalaciones de producción, separando al trabajador del contacto personal con colegas de trabajo que estén en esa oficina y como la nueva tecnología hace posible esta separación facilitando la comunicación. Puede ser efectuado en el domicilio del trabajador (Home Office) o en otros lugares o establecimientos ajenos al domicilio del empleador.*

Se planteó este trabajo para relevar las percepciones de los trabajadores y como considera que se impacta en las organizaciones a las que pertenecen y en la sociedad en general de las ventajas y desventajas del Home Office “obligado” por la situación de la pandemia y otras apreciaciones como el uso de tecnologías y la conducción en estas condiciones.

Evidentemente la conectividad es clave y escapa tanto a empresas como a empleados *En lo que se refiere a internet fijo, según la Cámara Argentina de Internet (Cabase), hay una penetración de la banda ancha que se acerca al 65% de los hogares. Es la más alta de la región, seguido por 61,8% en Uruguay y Chile con 61,1%.*

Cabe señalar de todos modos que no funciona de igual modo en todo el país. Mientras la Ciudad de Buenos Aires tiene más conexiones que hogares y la penetración a nivel nacional alcanza al 65,8%, aún hay provincias con niveles de penetración por debajo del 50% como es el caso de La Rioja 47,9%, Chubut 47,6%, Salta 44,5%, Jujuy 44,3% y Mendoza 40,7%, y mínimos en Tucumán 39,5%, Misiones 39,3%, Corrientes 38,5%, San Juan 37,1%, Chaco 35,9%, Santa Cruz 35,6%, Catamarca 30,9% y Formosa 30,1 por ciento. “[2]

2. METODOLOGÍA

El relevamiento fue realizado durante el mes de mayo del 2020, donde ya transcurría más de 45 días de aplicación del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. Para este informe se utilizaron los datos recopilados con la participación de los alumnos de la cátedra divididos en grupos de trabajo que realizaron:

- encuestas sobre HOME OFFICE a personas que estuvieran trabajando en esas condiciones. Se recurrió a la herramienta Google Form y se distribuyeron a través de correos electrónicos y mensajes de WhatsApp.
 - Se encuestaron 546 personas, en tres rangos etarios: de 18-30 años, de 31 a 45 años y más de 45 años resultando una distribución bastante uniforme aproximadamente del 30% para cada rango.
 - El 60% de las encuestas fueron respondidas por mujeres.
 - El 80% de los encuestados conviven con la familia y un 20% viven solos.
 - El 36% tiene familiares que requieren cuidados especiales, aunque solo el 20% vive con esos familiares.
- Entrevistas sobre HOME OFFICE a través de WhatsApp y Correo electrónico a 21 personas.

Como disparador de la actividad se les proporcionó diversos artículos para la consulta publicados en los medios y en la Web durante el primer mes de la cuarentena en Argentina, con estadísticas como las que siguen, publicadas en Clarín [1]

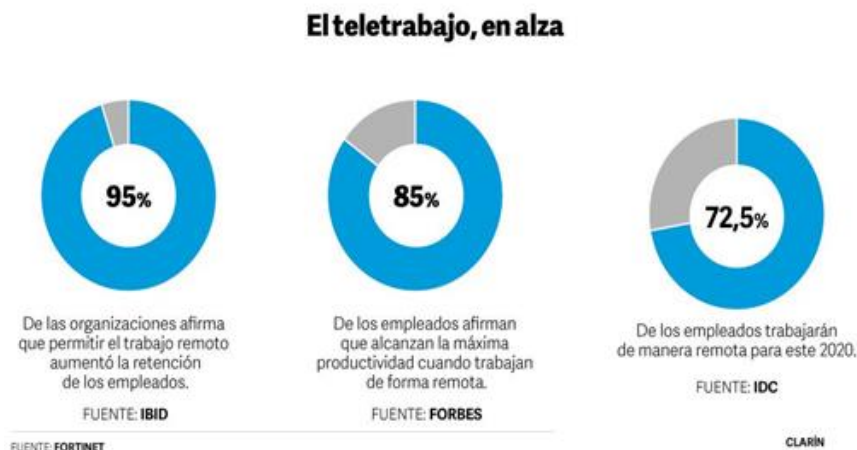


Figura 1 El teletrabajo en alza.

2.1 Resultados generales obtenidos de las encuestas

En este apartado indicamos los resultados generales con respecto al trabajo en la condición de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio y la modalidad de Home Office

- a. Con respecto a la consulta **si era posible para sus actividades realizar Home Office** las respuestas fueron:

Tabla 1 Resultados de elaboración propia

Puedo realizar <i>todas mis tareas</i> con modalidad Home Office	31.4	
Puedo realizar <i>la mayoría de mis tareas</i> con modalidad Home Office	37.3%	✓
Solo puedo realizar <i>algunas de las tareas</i> con modalidad Home Office	26.5%	
<i>Tengo que estar en mi lugar de trabajo</i> (No aplica Home Office)	4.8%	

- b. Con respecto a si **se trabaja más, menos o igual cantidad** de tiempo con modalidad Home Office los resultados fueron:

Tabla 2 Resultados de elaboración propia

Trabajo diariamente más tiempo con Home Office	36.1%	
Trabajo diariamente menos tiempo con Home Office	21.4%	
Trabajo el mismo tiempo que en forma presencial	42.5%	✓

- c. Con respecto a la **posibilidad de contar con herramientas adecuadas**:

Tabla 3 Resultados de elaboración propia

La organización les brindó las herramientas para el Home Office (dando como ejemplos: notebooks, mouse, auriculares, pago del servicio de conexión a internet.)	37%	
Las empresas fallaron en brindar las herramientas necesarias	63%	✗
Las personas cuentan con un lugar adecuado para trabajar en su vivienda	70%	✓

- d. Con respecto a si las personas **ya tenían experiencias/ herramientas** para Home Office

Tabla 4 Resultados de elaboración propia

No habían realizado Home Office	59%	✗
Adaptación parcial o nula al nuevo entorno laboral	59%	✗
Las empresas ya contaban con herramientas aplicables al Home Office	40%	✓
Las empresas contaban con herramientas no muy usadas, ni conocidas	30%	
Las empresas no tenían herramientas pero se implementaron en la emergencia	18%	
Las empresas no tienen herramientas y no se ha solucionado aún	12%	

Reflexión: Al realizar este trabajo de investigación, pude comprender que el home office es una actividad que llegó para quedarse en muchas empresas. Donde si bien, en muchos casos se ha visto una dificultad a la hora de realizarlo, en la mayoría ha sido porque no hubo una capacitación/entrenamiento previo (Alumno Paulo Pérez).

Reflexión: La gente a pesar de las dificultades que puede presentar cambiar la modalidad de trabajo ha respondido en su mayoría de forma positiva, aprendiendo a utilizar nuevas herramientas y cambiando su metodología para poder desempeñarse de la misma manera y en ocasiones mejor (Alumno José Viada).

e. Como **valoración general de la experiencia Home Office se** obtuvo:

Tabla 5 Resultados de elaboración propia

El Home Office es algo negativo (desmotivado, menos productivo, triste)	40.7%	
El Home Office es algo positivo (motivado, eficiente, cómodo)	43.9%	
Le gustaría poder elegir hacer Home Office si su actividad lo permite	96%	
Le gustaría seguir trabajando ocasionalmente o ante necesidad con Home Office	60.8%	✓
Prefiere trabajar desde su lugar de trabajo en la organización	36.5%	
Le resulta indiferente trabajar en su lugar de trabajo o Home Office	2.7 %	

Reflexión: Estoy de acuerdo con las respuestas de casi el 96% de los encuestados, de que me gustaría tener la opción de poder realizar mi trabajo o estudio de manera virtual y no presencial, ya que la flexibilidad que genera ante situaciones no predecibles es una gran ventaja (Alumna Sofía Rinaldi).

Reflexión: Personalmente me sorprendió la cantidad de personas que habían usado esta herramienta antes de la pandemia (Alumna Jimena Aguilar).

Reflexión: Me sorprendió ver en todas las áreas en las que se podía desarrollar este mecanismo de trabajo, por otro lado, no esperaba que más del 60% de los encuestados tuviese en cuenta este método como una futura herramienta de trabajo ya que había escuchado varias quejas al respecto (Alumna Julieta Zaragoza)

f. Con respecto a las emociones más evidenciadas en el periodo de aislamiento se ubican

Tabla 6 Resultados de elaboración propia

Alterada su motivación con relación al trabajo	64%	✓
No alterada su motivación con relación al trabajo	36%	
Cambios en el estado de ánimo	38%	✓
Incertidumbre, desorientación	19%	
Cansancio	14%	
Aceptación	13%	
Oportunidad	6%	✓

Es decir que 71% de los encuestados dice haber sentido con mayor frecuencia emociones negativas que evidencia el nivel de estrés de la población.

2.2. Principales factores que afectan a la hora de realizar Home Office para los empleados

En las encuestas encontramos las siguientes respuestas:

Tabla 7 Resultados de elaboración propia

FACTORES POSITIVOS		FACTORES NEGATIVOS	
Evitar traslados	68.6%	Mala conexión a Internet	54,9%,
Organizar con flexibilidad el tiempo de trabajo	55.8%	Comunicación con el resto del equipo	44,4%
Contar con la comodidad del hogar	37.2%	Distracciones del hogar (dinámica doméstica)	34,3%
Combinar con labores familiares	13.4%	Falta de contacto con pares y jefes	43%
Igual o mayor rendimiento	30%	Menos productivo con Home Office	70%
Dinero ahorrado en el transporte	37,2%	Dificultad de separar los tiempos de personales y de trabajo	51%

Una respuesta abierta interesante: Mayores oportunidades para personas que presenten discapacidad o dificultad para el traslado.

Con respecto a lo publicado por Clarín (Fuente Fortinet) [1] coincide en los efectos positivos para los empleados, excepto en el aumento de la productividad.



Figura 2 Los efectos positivos del Home Office.

Reflexión: De cierto modo, he podido experimentar lo que es el manejo de tiempos en casa y la rutina con el estudio, y he podido ver los grandes beneficios que tiene esta práctica. El que a mí más me influye es el tema del transporte, dado que vivo bastante lejos y el tiempo del mismo suele ser bastante extenso (Alumna Carolina Mortarotti).

2.3 Ventajas de la aplicación de Home Office

Las ventajas más mencionadas para las organizaciones que se relevaron en la consulta bibliográfica son:

- Menos problemas de convivencia entre empleados
- Disminución del ausentismo laboral
- Implementación de las nuevas tecnologías de la información.
- Mayor productividad debido a la implantación del trabajo por objetivos
- Posibilidad de modificar horarios de trabajo

Si bien no se relevó la información de las empresas y organizaciones a través de las entrevistas y respuestas abiertas de las encuestas se evidencia coincidencia excepto con la mejora de la productividad, según la percepción de los encuestados y entrevistados, particularmente por “dificultades en la conexión y en el uso de herramientas informáticas y en la dificultad para organizarse y no contar con toda la información o equipos adecuados a disposición” (Entrevistado 1).

Se evidencia como ventaja que se fomenta el trabajo en equipo ya que “el distanciamiento social y la falta de contacto con los compañeros de trabajo ha logrado potenciar la colaboración y la productividad de los equipos; rompiendo las barreras geográficas y temporales.” (Entrevistado 2)

2.4. Desventajas de la aplicación de Home Office

Las desventajas más mencionadas por los trabajadores son

- ✓ No todos los trabajadores tienen acceso o manejan las tecnologías de la información.
- ✓ En ocasiones provoca el sedentarismo.
- ✓ Puede aumentar conflictos o distracciones con la familia.
- ✓ Disminución de relaciones personales con otros trabajadores de su área.
- ✓ A veces los horarios son ilimitados, incluidos los fines de semana.
- ✓ El soporte técnico, aunque la empresa ofrezca asistencia para la solución de fallas, requiere más tiempo.
- ✓ A nivel de empresa, se tienden a difuminar las jerarquías.
- ✓ Depende del liderazgo de los jefes el compromiso del personal.

Podemos agregar que “En ese contexto, la salud de la conexión es un tema que genera dolores de cabeza. “A veces hay problemas de saturación de la red interna en la empresa, porque el sistema no estaba preparado para tantos home office en simultáneo. Y a veces es dura la convivencia con

otros compartiendo la red de wifi. Vivo con cuatro personas, y cuando alguno se prende a Youtube o con videojuegos, mata la señal a todos los demás" [3]

2.5. Conducción y liderazgo en Home Office

Los resultados obtenidos al consultar sobre la conducción y el liderazgo fueron las siguientes:

Tabla 8 Resultados

Su superior coordina muy bien el trabajo de su equipo	25.4%	
Su superior ha tratado de coordinar el trabajo de su equipo	60,1%	
Encuestados que manifestaron ser ayudados por otras personas (supervisor, RRHH o compañeros de trabajo)	80%	✓
Encuestados que manifestaron no recibir ayuda de la organización	20%	✗
Encuestados que han participado en reuniones colectivas de trabajo	82.5%	✓
Encuestados que manifestaron que su superior no ha consultado por su situación individual	50%	✗
Encuestados que tienen en claro sus objetivos y las tareas a realizar	95.2%	✓
Encuestados que reciben instrucciones concretas de su supervisor	77%	
Encuestados que son evaluados con determinada frecuencia respecto al avance de sus tareas	90%	✓
Encuestados que reciben respuesta de sus supervisores /jefes ante inconvenientes en las tareas	74%	

Reflexión: La gran mayoría tenía instrucciones concretas, encontraba soluciones un su superior y a pesar de que algunos se sentían solos, incómodos en el lugar de trabajo, que su trabajo no era tan valorado como antes, que no eran tan eficientes, etc. aun así un 76.2% considera que el home office es algo a implementar en un futuro post pandemia (Alumna Carolina Toledo).

Reflexión: Se estima que la conducción de equipos virtuales en los entornos de teletrabajo dependerá fundamentalmente de la personalidad de las personas incluidas, más que de su habilidad técnica en la resolución de conflictos laborales (Alumno Luciano Cattaneo)

Reflexión: Otro aspecto fundamental es el manejo de equipos y la conectividad puesto que sin estos no se podría llevar adelante eficientemente su trabajo, entonces las organizaciones deberían hacer hincapié en este hecho y no perderlo de vista (Alumna Valentina Matiello)

Reflexión: Durante la realización de este proyecto, se afianzaron y reforzaron conceptos sobre la motivación. Una vez más queda demostrado el poder que tiene esta herramienta sobre las organizaciones, en este caso se remarca el impacto sobre la percepción de la productividad (Alumno Marco Crisafulli).

2.6. Algunos cambios en el comportamiento laboral

De las respuestas abiertas resultaron relevantes las siguientes:

- ✓ Las reuniones virtuales son más puntuales, breves y dinámicas
- ✓ Nuevos códigos para comunicarse: aumentan los mensajes por WhatsApp y los audios se vuelven algo más largos de lo habitual.
- ✓ Se generó cambios de horarios, más tiempo frente a las pantallas.
- ✓ Hay menos problemas entre empleados,
- ✓ Han funcionado mejor equipos de trabajo que ya eran virtuales (personas en diferentes locaciones y/o países)

Citando a Pablo Ces, CEO de Flexibility, que tiene más de 60 empleados, entre Argentina y Colombia, bajo metodología home office. "hay momentos en que es imprescindible salir de esa virtualidad: "Cuando ingresa a trabajar alguien porque las personas que nunca hicieron home office resulta muy fuerte tener una inducción virtual; o ante un proyecto nuevo o que requiere bajar temas a detalle. Si bien nuestro modelo es mayoritariamente home office, no rechazamos las reuniones presenciales. Son una opción y ponemos a disposición lo que sea necesario. Tenemos un sistema de reserva digital dentro de un cowork porteño y lo administramos según necesidad" [4]

2.7. Recomendaciones para Home Office

Con respecto a las recomendaciones para trabajar mejor en Home Office la mayor parte se enfocó a respetar los horarios de trabajo:

- ✓ Establecer horarios fijos y finalizar el día
- ✓ Diferenciar espacios de ocio y de trabajo

- ✓ Realizar pausas activas para que el trabajo no se vuelva monótono
- ✓ Haz saber a tu familia y amigos que no estás disponible
- ✓ Gestionar por objetivos
- ✓ Confiar en el uso del tiempo de los trabajadores
- ✓ Ejercitar la concentración

Estas se alinean con los consejos del Lic. Marcelo Diez, como por ejemplo “Organizarnos implica ver cómo voy a administrar mi horario en relación a las tareas que hago, conocer qué herramientas tengo y considerar la capacidad de banda ancha que dispongo para conectarme en red. Es importante acordar con mi líder y el equipo de trabajo cuáles son los objetivos durante el día, con qué tareas me comprometo; como así también, pautar los horarios de almuerzo y breaks para que todos estén al tanto de nuestra disponibilidad. [5]

Al respecto no se propusieron ninguna de las ideas sugeridas por el artículo de Clarín [1] como necesarias para un teletrabajo seguro



Figura 3 Claves de un Teletrabajo seguro

2.8. Herramientas de TIC para Home Office

Según el relevamiento realizado se identifica varias herramientas a saber, para realizar reuniones, planificar y seguir trabajos, tareas colaborativas, entre otras:

Tabla 9 Resultados relevados en las encuestas

Herramientas para reuniones laborales virtuales	Zoom; Jitsi, Google Meet; Hangouts Slack, Teams
Trabajo colaborativo, en tiempo real y de manera simultánea	Google Drive; Dropbox, One Drive; iWork . Celoxis; Monday.com
Gestión de proyectos	Base Camp; Trello. Notion ProofHub ; ERP de la empresa;
Ordenamiento y anotación de ideas	Mind Node; Miro Stormboard.

No se evidenció diferencia entre las edades de los encuestados con respecto al uso de las diferentes herramientas TIC. En una escala de 1 Muy Difícil a 5 Muy cómodo

Personas entre 18 a 30 años	3.57
Personas entre 31 a 45 años	3.24
Personas de más de 45 años	3.36

Reflexión: Me sorprendió muchísimo que respondieron que Home Office es un sistema sostenible en el tiempo, tuvimos respuestas de todas las edades y casi en la misma proporción, por lo que no es algo generacional” (Alumno Federico Filizzola).

2.9. Resultados comparativos con México

Nos pareció interesante también compartir los resultados de un grupo de estudiantes argentinos y mexicanos realizaron un estudio comparativo que se resume a continuación sobre 132 encuestas que evidencia mucha similitud entre ambos países excepto por la duración de la jornada laboral

Tabla 10 Resultados elaboración propia

criterio relevado	Argentina	México
Cantidad de mujeres participantes	51.8	53.9
Edad 18-35 años	64.3	78.9
Si cuenta con accesibilidad para realizar Home Office	96.4	90.8
No fue capacitado para realiza Home Office	76.8	71.5
No había trabajado anteriormente con Home Office	66.1	67.7
Le resultó fácil acostumbrarse	69.6	56.6
Se redujo su jornada laboral con esta modalidad	19.6	43.4
Tiene objetivos a cumplir diarios / semanales	67.9	82.9
Le resulta práctico trabajar con Home Office	66.7	52.6
Su productividad no ha aumentado	44.6	42.1
Se siente motivado de trabajar desde su casa	41.1	40.8
Le cuesta desconectarse de su trabajo	76.8	65.8

2.10. Reflexiones de los alumnos

Las conclusiones de los alumnos evidencian interés al poder relevar información sobre una situación problema actual de la cual ellos mismos han sido parte a través de las clases virtuales y algunos por sus compromisos laborales.

Se han incorporado algunas de las reflexiones en los apartados que son pertinentes y se indican a continuación conclusiones generales en cuanto a aprendizajes.

Reflexión: *Con este trabajo aprendí también a utilizar nuevas herramientas, no solo para realizar la encuesta y el análisis de los resultados sino también para comunicarme con el grupo y poder trabajar en conjunto a distancia” (Alumna Carolina Srbovic).*

Reflexión: *En adición me gustaría remarcar que me gustó aprender hacer encuestas y poder saber lo que piensan las demás personas sobre la temática” (Alumna Sol Vadillo).*

Reflexión *Antes de realizar este trabajo pensaba que debido a la abrupta necesidad de implementar esta nueva metodología laboral, la mayoría de las personas tenían problemas o no se sentían cómodas ya por falta de material de trabajo o también por las consecuencias de este cambio, como trabajar en casa, disminuir la socialización con las personas, stress de tener que adaptarse a estos cambios de golpe, entre otras cosas. Sostengo que esto en un primer momento puede haber sido así, pero ha habido una rápida adaptación de todos los sectores laborales a estos cambios, y la gente ya piensa en tal vez en un futuro utilizar esta metodología” (Alumno Manuel Pithod).*

Reflexión: *Como conclusión de lo que me llevo, focalizo en lo que la gente nos terminó mostrando al final de cada entrevista, y es que tal vez esta pandemia trae consigo un gran mensaje, que muchas instituciones decidan un cambio de foco y otra perspectiva para llevar a cabo el desempeño laboral de su personal y proyectar esto a largo plazo (Alumno Juan Levantino).*

Reflexión: *Respecto al trabajo en sí llego a la conclusión de que la gente, cuando está motivada, es capaz de adaptarse fácilmente a situaciones inciertas y volátiles como la que se da hoy en día. Otra reflexión es que la respuesta de la gerencia de la organización es más que crucial para que los trabajadores puedan adaptarse. Es en este eslabón es donde un ingeniero normalmente se desempeña, lo que motiva a capacitarse de forma correcta y así estar preparados para responder a los problemas que surjan en el ejercicio de la profesión (Alumno Sebastián Zelaya).*

Reflexión: *Pienso que esta modalidad de trabajo llegó para quedarse y que los gobiernos deberán comenzar a desarrollar políticas que brinden igualdad de oportunidades para todos a la hora de poder acceder a los recursos necesarios para poder ser exitosos en el home office y teletrabajo. Esto está marcando un cambio en cómo vemos el trabajo y educación hoy en día y mostrando que debemos ajustar nuestras rutinas a nuevas tecnologías y formas de comunicarnos (Alumna Guadalupe Oviedo).*

Reflexión: *La pandemia de COVID-19 derribó muchos mitos y ha obligado a las organizaciones a ponerse a la vanguardia en materia de planificación y relación con sus clientes, demostrando que las barreras que obstaculizaban la adopción de herramientas como el home office no eran tan grandes como se creían (Alumno Ezequiel Godoy).*

Reflexión: *El Home Office caracterizará a una generación, no solo por su deseo de libertades en el trabajo, como la de los Millennials, sino también por la fuerte intromisión dada por esta pandemia y*

la creciente ola de productos y servicios tecnológicos y de telecomunicaciones que se producen día a día. Por lo tanto, será tarea de las empresas mejorar en todos los aspectos su implementación para que los aspectos negativos o no deseados sean disminuidos (como el poco descanso y la falta de contacto social) y potenciados los positivos o deseados (como el aumento de productividad y la satisfacción del estar con la familia) Alumno Samuel Ballistreri.

Reflexión: En mi opinión, una de las cosas que más se destacó en toda la información que vimos durante el proyecto fue que existe una gran diferencia entre las pymes y las empresas más consolidadas al momento de dotar a sus empleados con las herramientas necesarias para poder realizar su trabajo desde sus casas ya que se necesita un capital elevado para poder invertir en ellas. No obstante, en estos días de cuarentena, se puede destacar el crecimiento exponencial de herramientas digitales con versiones básicas que son gratuitas, pero esto no significa que todos los sectores puedan acceder a ellas ya que una gran parte de los trabajadores en argentina no cuentan con una notebook en sus casas o con una buena conexión a internet (Alumna Carolina Edith Valenti).

Reflexión Hoy en día se están viviendo tiempos de cambio como resultado de la pandemia causada por el COVID 19, lo que nos ha llevado a grandes transiciones en el estilo de vida y en el trabajo de las personas. En nuestra hipótesis suponíamos que el cambio de trabajo presencial a Homeoffice traería muchos más beneficios a trabajadores y empresas [6] que complicaciones, manteniéndose este estilo de trabajo en el futuro, pero cómo podemos ver en el análisis y resultados, no todos los cambios son beneficiosos (Alumno Rafael Cardozo).

Reflexión. Mi conclusión final es que cada empresa y cada persona es diferente, pero se ve que aquellas empresas acostumbradas al cambio pueden romper más rápidamente las barreras que suponen un nuevo estilo de trabajo, que aunque cueste llegar, termine siendo más ventajoso una vez que se instala dicha modalidad (Alumno Rodrigo González Millán).

Reflexión Con este trabajo yo personalmente aprendí a usar los formularios de google, ya que no lo había hecho antes, y a armar gráficos nuevos a partir de la hoja de cálculo que provee google con las respuestas de dicho cuestionario. Me pareció muy útil que presentara la hoja de cálculo con las respuestas para poder analizar los datos de la manera más conveniente para nosotros (Alumna Micaela Gitto).

3. CONCLUSIONES

En el relevamiento realizado es evidente en que se cuenta con más ventajas que desventajas para aplicar Home Office. Quedan muchos aspectos a mejorar y otros para consolidar en cuanto a forma de trabajo y podemos asegurar que para las relaciones interpersonales la presencialidad es irremplazable. Separar vida laboral de vida familiar es un desafío. *El especialista en medicina laboral y presidente de la Sociedad Argentina de Evaluadores de Salud, Carlos Trad Fager, reconoce la sobrecarga. "No hay dudas que el horario que se dedica en la vivienda es mayor y sería bueno cuantificarlo con estudios específicos"* [7]. Mantener integrado y motivados los equipos virtuales otra necesidad. Muchas organizaciones no estaban preparadas y todos, organizaciones y empleados asumieron solidariamente el desafío.

Figura 4 Empresas trabajando con Home Office

Como se menciona en varias de las reflexiones Home Office es una práctica que si bien se aplicaba, alcanzaba solo a algunas actividades y se propiciaba como un beneficio para los empleados, por lo que no era tan extendida. El contexto de la pandemia, y la necesidad de continuar en aislamiento actuaron como catalizador en el proceso de Home Office obligando a adaptarse a esta situación lo cual ha sido independiente de la edad y de todos los sectores laborales. Muchas personas piensan en un futuro utilizar esta metodología.

Esto es importante ya que es un cambio grandísimo en la forma de trabajo conocida y aplicada hasta el momento, y que puede cambiar el futuro de muchas empresas y la forma de organizarnos e interactuar.

CUANDO TENGAS QUE VOLVER, PODRÁS NO VOLVER: QUÉ EMPRESAS EVALÚAN SEGUIR CON HOME OFFICE DURANTE TODO EL 2020 iProUP



mercado libre

- 64% tenía un día de home office por semana.
- 92% de sus 11.000 empleados trabaja de manera remota.
- Podrían extenderlo a todo 2020.

Santander

- 75% de los colaboradores trabaja desde sus casas.
- 7.000 empleados ya desempeñan tareas a distancia.
- Usará la modalidad hasta fin de año.

TOYOTA

- Sectores Producción y Soporte fueron paralizados por completo.
- Los administrativos trabajan desde sus domicilios.
- Evalúa extenderlo a lo que resta de 2020.

Telefónica **movistar**

- 100% del personal de atención al cliente hace home office.
- El regreso a las oficinas se realizará de manera paulatina.

Quilmes

- Redujo al máximo el personal de sus instalaciones.
- Realizan reuniones diarias, cortas y tácticas del líder con su equipo.
- Efectúan una videollamada semanal con el presidente de la compañía.

3M

- Ofrece teletrabajo desde antes de la cuarentena.
- Continuará con esta metodología lo que resta de 2020.
- Volverán a las oficinas cuando estén dadas las condiciones.

AON

- 500 empleados es su staff total que hoy teletrabaja.
- 40% hacía home office antes de la cuarentena.
- Utilizará un sistema rotativo para asegurar distanciamiento.

edenor **EDESUR**

- 50% de los empleados está trabajando desde sus hogares.
- El personal que se desempeña en la calle sigue normas de seguridad.
- Mantendrán el teletrabajo en los próximos meses.

FUENTE: Elaboración propia iproup.com

Queda pendiente el debate de la Ley de Teletrabajo actualmente vigente ya que uno de los beneficios de las empresas es la disminución de costos en infraestructura y se plantea en la propuesta que el trabajador pueda retomar la presencialidad cuando lo desee, lo que obligaría a mantener las instalaciones para el caso de que fuera requerido su uso. Sin embargo, existen nuevas opciones como los espacios de coworking que tal vez puedan sumar a estos cambios satisfaciendo las necesidades de todas las partes.

4. REFERENCIAS.

- [1] CLARÍN, 17/03/2020 *Home office para todos, la forma de trabajo que explotó con el coronavirus* (recuperado de https://www.clarin.com/sociedad/home-office-forma-trabajo-explota-coronavirus_0_f_TW8yJM.html)
- [2] INFOBAE 17/04/2020. *Teletrabajo: estrategias para ser productivos sin perder el equilibrio entre el trabajo y el descanso.* Recuperado de <https://www.infobae.com/america/tecno/2020/04/17/teletrabajo-estrategias-para-ser-productivos-sin-perder-el-equilibrio-entre-el-trabajo-y-el-descanso/>
- [3] LA NACIÓN 04/04/2020 *Más horas de trabajo, peleas y gastos: el lado B del home office.* (Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/economia/mas-horas-peleas-y-gastos-el-lado-b-del-home-office-nid2350515>)
- [4] AMBITO.COM 05/05/2020 *Las ventajas del home office, según las empresas que lo llevan en su ADN.* Recuperado de <https://www.ambito.com/negocios/teletrabajo/las-ventajas-del-home-office-segun-las-empresas-que-lo-llevan-su-adn-n5100394>
- [5] ECOCUYO 07/04/2020. *Cómo hacer un buen home office y no morir en el intento? (Los mejores tips de Consultores de Empresas).* Recuperado de https://ecocuyo.com/como-hacer-un-buen-home-office-y-no-morir-en-el-intento-los-mejores-tips-de-consultores-de-empresas?utm_source=Noticias%20de%20Ecocuyo%20y%20Agenda%20Semanal&utm_campaign=c78e7301d6-EMAIL_CAMPAIGN_2020_04_08_10_45&utm_medium=email&utm_term=0_20aa581935-c78e7301d6-81332
- [6] CLARÍN, 27/04/2020 *Mejorar el rendimiento. Home office: 7 consejos para mantener la motivación.* Recuperado de https://www.clarin.com/buena-vida/home-office-7-consejos-mantener-motivacion_0_Pq_TyVuWy.html

- [7] LOS ANDES 19/04/2020. *El teletrabajo ha generado más estrés y también ha obligado a ampliar el horario laboral.* (2020). Recuperado de https://www.losandes.com.ar/article/view?slug=el-teletrabajo-ha-generado-mas-estres-y-tambien-ha-obligado-a-ampliar-el-horario-laboral&fbclid=IwAR3_VnAlkHXh0QAyh_hseukXDNVs7vCUMIkJcCaUgMSriV0yGdBMyLsdr7t8
- [8] BIZNEO 15/05/2020. *30 herramientas de Home Office | Mejora tu teletrabajo.* Recuperado de <https://www.bizneo.com/blog/home-office/>
- [9] NEWSBIZ 19/05/2020. *Home office: cómo lograr un equilibrio entre la vida personal y profesional* Recuperado de <https://newsbiz.com.ar/noticias/home-office-como-lograr-un-equilibrio-entre-la-vida-personal-y-profesional/>
- [10] **ADEN.** Webinar: Homeoffice y teletrabajo. Recuperado: <https://www.youtube.com/watch?v=b-Z-Vk7Lsdc>

Influencia del acervo de desarrollo organizacional en el resultado esperable de una empresa

Tolón Estarellés, Pedro
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires CP 1414.
Pedro.tolon@gmail.com

RESUMEN.

Este trabajo plantea el análisis realizado para estudiar como condicionan el *acervo de pensamiento proactivo* y la *naturaleza de la resiliencia organizacional* la toma de decisiones y las trayectorias de evolución temporal en organizaciones que interactúan en contextos de incertidumbre respecto al resultado esperado en escenarios futuros. Se analizó la evidencia empírica de la intervención de apoyo en el Desarrollo Organizacional de cinco empresas en cuyos proyectos de negocios pudo estimarse el riesgo en forma directa o indirecta a través de cotizaciones bursátiles. Se ratificó la evidencia empírica ubicando cada caso en el mapa del modelo de optimización de inversiones CAPM desarrollados por Tobin, Markowitz y Sharpe.

Palabras Claves: Contextos de incertidumbre. Toma de Decisiones. Pensamiento Proactivo. Resiliencia organizacional.

ABSTRACT

This work presents the analysis carried out to study how the proactive thinking heritage and the nature of organizational resilience determine decision-making and time evolution trajectories in organizations that interact in contexts of uncertainty regarding the expected result in future scenarios. The empirical evidence of the support intervention in the Organizational Development of six companies in whose business projects the risk could be estimated directly or indirectly through stock quotes was analyzed. The empirical evidence was ratified by locating each case on the map of the CAPM investment optimization model developed by Tobin, Markowitz and Sharpe

Keywords: Contexts of uncertainty. Decision making. Proactive thinking. Organizational resilience.

1. INTRODUCCIÓN

En las organizaciones de tipo Microeconómico, la toma de decisiones es un proceso que además de ser inevitable y esencial está concentrado por lo general en un reducido número de responsables de la gobernanza de la compañía. Existe la necesidad de recurrir a los procedimientos que conduzcan a los mejores resultados posibles. Esa necesidad permite detectar un problema, que consiste en el comportamiento irracional en los tomadores de decisión, los cuales, en la mayoría de los casos siguen el proceso empírico de ensayo y error [1]. Sin embargo, los decididores, aun actuando irracionalmente, generan comportamientos de manera predecible y sistemática.

En este proceso de toma de decisiones no es habitual haber realizado previamente la adecuada adquisición de conocimiento del contexto conducente a una posible forma de representación y modelo que permita resolver el problema a través de una satisfacción de la necesidad utilizando el pensamiento crítico-lógico y modelos simbólicos adecuados que permitan tomar las mejores decisiones posibles para alcanzar los mejores resultados. Esto es esencial en la Gestión de Conocimiento.

A su vez otros factores influyen en la forma de tomar decisión, tales como el acervo y desarrollo del pensamiento proactivo estratégico; el nivel de resiliencia negativa al cambio; o el adecuado manejo de escenarios conjeturales y expectativas a fin de facilitar la elección de trayectorias temporales eficaces.

El alcance de este estudio es en el contexto de compañías cuyo valor está generalmente medido por indicadores clave fundamentales, tales como el precio de los activos financieros en el mercado y el nivel de riesgo. Se han considerado 5 casos, todos ellos fueron atendidos en procesos de consultoría por el autor de este trabajo, en particular, con la empresa de ingeniería de obras civiles, Dolmen SA, (nombre ficticio) se realizó un proyecto de Desarrollo Organizacional a lo largo de 4 años.

En base a la evidencia empírica de los resultados, se pudo obtener una síntesis del estado de esas compañías, a diciembre de 2018. (Tabla 8).

Se quiso indagar y verificar o refutar el supuesto de que a mayor grado de Resiliencia positiva y de acervo de conocimiento y capacidades de gerenciamiento proactivo, mayor será la posibilidad de que esta compañía logre mejores resultados.

Se utilizó el modelo de optimización de cartera CAPM (Capital Asset Pricing Model) para ubicar los 5 casos estudiados en el mapa de inversiones factibles en función del nivel de riesgo estimado. (Figura 1)

2. ANÁLISIS Y EVIDENCIA EMPÍRICA

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó un diseño no experimental de investigación, dado que no es posible construir el contexto del problema que se estudia en cada uno de los cinco casos específicos de las compañías analizadas.

El procedimiento utilizado para adquirir el nivel de conocimiento de las situaciones específicas es la metodología de tipo hermenéutica o comprensivo-interpretativa de los casos analizados, en distintos escenarios.

El diseño de la investigación se basó, en encuestas, entrevistas, cuestionarios especiales aplicados a los 5 casos concretos y observación de resultados e indicadores previamente definidos. Se definió:

- a. Una escala, como conjunto de ítems o frases cuidadosamente seleccionados, que constituyan un criterio válido para medir un fenómeno social vinculado a la actitud proactiva o reactiva a procesos de cambio.
- b. Ítems y frases de indagación y adquisición de conocimiento explícito o encapsulado en la cultura de la organización.

2.1.1 Metodología de adquisición y relevamiento de datos

La metodología específica empleada se basa en procesos acordados con las compañías estudiadas, realizando en forma sistemática reuniones de trabajo con los niveles de alta dirección y mandos medios de las empresas, utilizando técnicas de Metaplan [2] y Análisis de Situación, Esta metodología genera espacios de alta interacción en el colectivo de participantes, a través de proposiciones estructuradas que permiten descifrar el conocimiento privado consciente o inconsciente de los participantes, en un esquema taxonómico de temas validados por ese colectivo, que se miden en cuanto a su importancia y prioridad, con escalas de tipo Likert

El resultado de este proceso permite generar un diagnóstico respecto de los niveles que presentan los indicadores en el tiempo de observación, la brecha (GAP) existente para alcanzar metas deseables y los inconvenientes u obstáculos que se hacen que se detectan para lograrlo.

2.1.2 Indicadores utilizados

Los indicadores considerados fueron de dos clases:

2.1.2.1: Indicadores del nivel de Desarrollo Organizacional

Se eligieron 12 indicadores clave para determinar el nivel de Desarrollo Organizacional (DO) de una compañía específica, atribuyendo igual peso relativo a cada uno.

1. Inadecuada estructura organizacional
2. Espacio / Localización insuficiente
3. Insuficiente tecnología de soporte
4. Enfoque Estratégico claro
5. Competencias de Gestión adecuadas en el RRHH
6. Indefinición del Plan de Operaciones
7. Fuerza Financiera adecuada
8. Buena operación y Falta de Estrategia
9. Buen Plan Estratégico, Pobre Operación
10. Falta de interés del Capital
11. Poca experiencia de *management* (supervisión)
12. Determinantes históricos que bloquean el desarrollo

Para el proceso de autoevaluación, en el contexto de los máximos niveles de decisión de una compañía se realiza previamente una explicación del significado de cada indicador, para que los participantes del proceso puedan evaluar para su caso específico el peso relativo del impedimento usando la escala Likert.

Para este proceso de autoevaluación se utiliza el formato explicitado en la Tabla 1.

Se usó una puntuación de 1 a 5 en escala tipo Likert, utilizada especialmente para contextos no dicotómicos de apreciación en la valoración de la intensidad de pertenencia del factor. En la Tabla 1 se pide a cada participante que complete con un aspa (X) una de las columnas por fila, asignando prioridad Alta, Media o Baja. Cada valoración tiene asignado un valor (Alta: 5, Media: 3, Baja: 1) en la escala Likert.

Tabla1

Enc. AS-2		
OPINION SOBRE IMPEDIMENTOS PRINCIPALES PARA ALCANZAR LOS RESULTADOS QUE SE PROPONE LA ORGANIZACIÓN O SU UNIDAD POR LA QUE ES RESPONSABLE		
10	<small>tamaño de muestra</small>	10

Señale en el listado aquellos puntos que considera asuntos críticos. Hágalo en relación a la prioridad e importancia que tiene para Usted.

		Prioridad		
		ALTA	MEDIA	BAJA
1	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL INADECUADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ESPACIO/LOCALIZACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	TECNOLOGIA DESOPORTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	ENFOQUE ESTRATÉGICO CLARO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	COMPETENCIAS DE GESTIÓN DEL RRHH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	INDEFINICIÓN DE PLAN DE OPERACIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	FUERZA FINANCIERA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	BUENA OPERACIÓN Y FALTA DE ESTRATEGIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	BUEN PLANEAMIENTO ESTRATEGICO Y POBRE OPERACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	FALTA DE APORTES DE CAPITAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	POCA EXPERIENCIA DE MANAGEMENT (SUPERVISIÓN)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	DETERMINANTES HISTÓRICOS QUE BLOQUEAN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En la Tabla 2 y la Tabla 3 se reflejan los resultados registrados para el Caso I y el Caso V, (Tabla 6) respectivamente.

Tabla 2: Resultado del caso I

Enc. AS-2	
OPINION SOBRE IMPEDIMENTOS PRINCIPALES PARA ALCANZAR LOS RESULTADOS QUE SE PROPONE LA ORGANIZACIÓN O SU UNIDAD POR LA CUAL ES RESPONSABLE	
tamaño de muestra	10
(los valores entre 3,5 y 5 no indican buen diagnóstico)	

1	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL INADECUADA	2,2
2	ESPACIO/LOCALIZACIÓN	2,4
3	TECNOLOGÍA DE SOPORTE	2,8
4	ENFOQUE ESTRATÉGICO CLARO	2,4
5	COMPETENCIAS DE GESTIÓN DEL RRHH	2,8
6	INDEFINICIÓN DE PLAN DE OPERACIONES	1,6
7	FUERZA FINANCIERA	1,8
8	BUENA OPERACIÓN Y FALTA DE ESTRATEGIA	2,4
9	BUEN PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO Y POBRE OPERACIÓN	2,0
10	FALTA DE APORTES DE CAPITAL	2,4
11	POCA EXPERIENCIA DE MANAGEMENT (SUPERVISIÓN)	2,4
12	DETERMINANTES HISTÓRICOS QUE BLOQUEAN	2,0

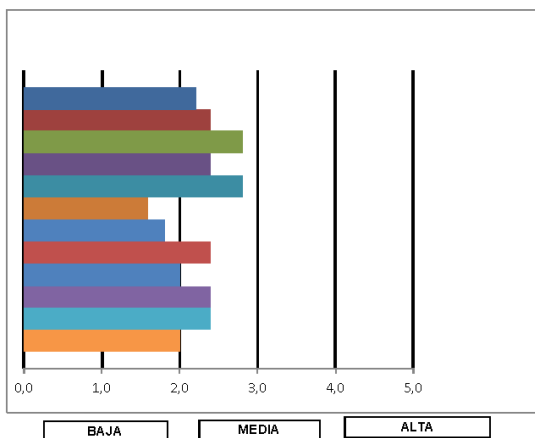
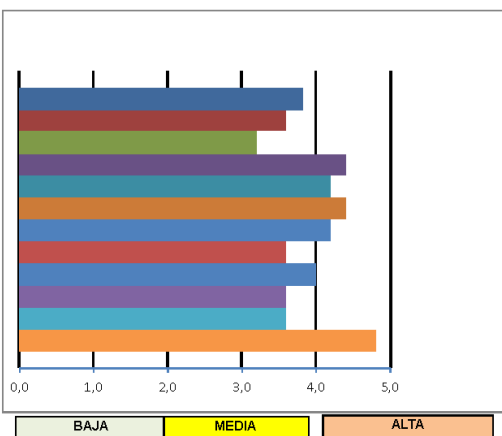


Tabla 3: Resultado del caso V

Enc. AS-2 IMPED	
OPINION SOBRE IMPEDIMENTOS PRINCIPALES PARA ALCANZAR LOS RESULTADOS QUE SE PROPONE LA ORGANIZACIÓN O SU UNIDAD POR LA QUE ES RESPONSABLE	
tamaño de muestra	10
(los valores entre 3,5 y 5 no indican buen diagnóstico)	

1	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL INADECUADA	3,8
2	ESPACIO / LOCALIZACIÓN	3,6
3	TECNOLOGÍA DE SOPORTE	3,2
4	ENFOQUE ESTRATÉGICO CLARO	4,4
5	COMPETENCIAS DE GESTIÓN DEL RRHH	4,2
6	INDEFINICIÓN DE PLAN DE OPERACIONES	4,4
7	FUERZA FINANCIERA	4,2
8	BUENA OPERACIÓN Y FALTA DE ESTRATEGIA	3,6
9	BUEN PLAN ESTRATÉGICO , POBRE OPERACIÓN	4,0
10	FALTA DE APORTES DE CAPITAL	3,6
11	POCA EXPERIENCIA DE MANAGEMENT (SUPERVISIÓN)	3,6
12	DETERMINANTES HISTÓRICOS QUE BLOQUEAN	4,8



2.1.2.2 Indicadores del valor relativo de una compañía.

Se eligieron 10 indicadores clave para determinar el valor de una compañía, atribuyendo igual peso relativo a cada uno.

1. Estabilidad de reglas de juego del contexto microeconómico
2. Rendimientos Marginales del ciclo de vida del negocio
3. Fluctuaciones de los Beneficios en el horizonte del Negocio
4. Nivel de Beneficios Esperados
5. Valor de Marca
6. Nivel de Investigación, Innovación y Desarrollo
7. Capacidad de capitalización por parte de los accionistas
8. Estado de Activos de Conocimiento en Management
9. Estado de Activos de Conocimiento Técnicos
10. Estado de Gobernanza Proactiva Estratégica

Donde el indicador 1 es de naturaleza exógena, los 2,3,4, 5 son variables híbridas (interacción exógena y endógena) y los indicadores 6,7,8,9,10 son de naturaleza endógena a la compañía. También en este caso se utilizó una escala Likert de 1 a 5 donde 1 es la peor valoración y 5 la mejor con respecto a la valuación de cada indicador.

La experiencia indica que entre los resultados de la Autoevaluación de niveles de Desarrollo Organizacional y el Valor relativo de la Compañía es posible establecer una relación de correspondencia de alguno de los indicadores.

Teniendo en cuenta los resultados de Autoevaluación de Desarrollo Organizacional (Tabla 1), para estimar el Valor de Compañía estimado para los 5 casos (Tabla 4), se realizó el relacionamiento entre ambos grupos de indicadores, considerando como medida relativa del riesgo del negocio en cada caso, al producto del promedio ponderado del nivel de Desarrollo Organizacional (Prom1) por el promedio ponderado del valor de la Compañía. La relación entre los indicadores está reflejada en la Tabla 5

Tabla 4: Evaluación del Valor relativo de la compañía para los 5 casos

Evaluación del Valor relativo de la Compañía				CASOS						
		Máximo Valor Compañía	Mínimo Valor Compañía	I	II	III	IV	V		
1	EX	ESTABILIDAD DE REGLAS DE JUEGO DEL CONTEXTO	1,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	
2	HIB	RENDIMIENTOS MARGINALES DEL CICLO DE VIDA DEL NEGOCIO	1,0	5,0	1,5	1,7	2,6	3,3	3,9	(*)
3	HIB	FLUCTUACION DE LOS BENEFICIOS EN EL CICLO DE VIDA DEL NEGOCIO	1,0	5,0	1,5	1,3	2,4	3,4	3,9	
4	HIB	NIVEL DE BENEFICIOS ESPERADOS	1,0	5,0	1,5	1,3	2,4	3,4	3,9	
5	HIB	VALOR DE MARCA	1,0	5,0	1,0	3,0	2,0	1,0	4,0	
6	E	NIVEL DE I+D	1,0	5,0	4,0	3,0	3,0	2,0	1,0	
7	E	CAPACIDAD DE CAPITALIZACION POR ACCIONISTAS	1,0	5,0	1,8	2,8	2,8	2,8	3,4	(**)
8	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO EN MANAGEMENT	1,0	5,0	1,6	1,6	2,4	3,3	4,1	(***)
9	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO TÉCNICOS	1,0	5,0	2,1	2,4	2,4	2,4	2,4	(****)
10	E	ESTADO DE GOBERNANZA PROACTIVA ESTRATÉGICA	1,0	5,0	1,5	1,7	2,6	3,3	3,9	(*)
Prom 2: Promedio ponderado con igual peso de cada indicador			1,0	5,0	2,1	2,3	2,7	2,9	3,4	
En escala Likert de 1 a 5 , donde 1 indica el mejor valor y 5 el peor valor posible respectivamente										
			1,0	5,0	1,1	1,3	1,7	1,9	2,4	
Brecha al estado ideal de Máximo Valor de la Compañía										

Tabla 5: Relación entre indicadores de Desarrollo Organizacional (Do) (Tablas 2,3) y de Valuación Relativa de la Compañía (Tabla 4)

Los indicadores del Valor Relativo de la Compañía (Tabla 4)	Proviene de :	
1	Autoevaluación del grupo Directivo en cada caso	
2,3,4	Promedio de los Indicadores (4,7,8,9) del nivel autoevaluado de Desarrollo Organizacional (DO) en cada caso (Tablas 2, 3)	(*)
5	Datos de la compañía acerca de la cuota de mercado y facturación	
6	Evaluación del grupo consultor externo	
7	Valor del indicador 10 de la Autoevaluación del grupo Directivo en cada caso (Tablas 2,3)	(**)
8	Promedio de los Indicadores (1,5,11) del nivel autoevaluado de Desarrollo Organizacional (DO) en cada caso (Tablas 2, 3)	(***)
9	Valor del Indicador 3 del nivel autoevaluado de Desarrollo Organizacional (DO) en cada caso (Tablas 2, 3)	(****)

Tabla 6: Síntesis del nivel de DO y Riesgo del Negocio (*)

CASO	Compañía estudiada	Tamaño de la empresa	Ambito de negocios	Ingresos anuales x ventas (USD) Mayor a	Nivel de Do alcanzado	Riesgo del tipo de Negocio (*)
I	Dolmen SA	Grande	Construcción	30 millones	Alto	Medio
II	Sefpul SA	Pyme	Construcción	4 millones	Alto	Medio
III	Argitech srl	Pyme	Salud	3 millones	Bajo/Medio	Bajo
IV	Megatix SA	Grande	Construcción	60 millones	Bajo	Medio
V	Electron SA	Pyme	Electrónica	1 millón	Bajo	Alto

(*) Según la clasificación de competitividad por sectores de actividad (2017) de la Secretaría de Producción de la Nación

2.2 ANALISIS DE LA EVIDENCIA EMPÍRICA EN EL MODELO CAPM

Se quiso verificar que cuanto mayor es el grado de Desarrollo Organizacional Sustentable de una compañía (capacidad de revisar continuamente la estrategia y operación de su gestión de conocimiento), mayor será la posibilidad de supervivencia a largo plazo.

La evidencia empírica de la investigación realizada sobre el grado de Desarrollo Organizacional, la aversión o propensión al riesgo y los indicadores resultantes, permitió clasificar a las 5 compañías asociadas al nivel de riesgo dado por la clasificación de la Secretaría de Producción de la Nación (2017), según los sectores de actividad económica. Aún cuando no todos los casos cotizan en bolsa, este procedimiento permitió estimar su posible ubicación en el mapa CAPM. Esta síntesis se refleja en la Tabla 6

2.2.1 .El Modelo CAPM: Ubicación de los cinco casos en el mapa de inversiones factibles.

El modelo de optimización de cartera CAPM (Capital Asset Pricing Model) plantea el problema de optimizar las inversiones diversificadas de una cartera y da una respuesta al problema [3,] [4],[5]

El modelo explica un riesgo sistemático, determinable estadísticamente por los valores de mercado, que permite determinar parámetros, para distintos conjuntos de sectores industriales de inversiones agresivas o de mayor riesgo y defensivas, de menor riesgo.

Sin embargo, dentro de la frontera de posibilidades de inversión (Figura 1) hay un conjunto de posibles inversiones (valores, títulos) que reflejan, de acuerdo a la varianza del valor esperado del valor actual neto de su flujo de fondos en un período dado, el mayor o bien, el menor riesgo específico de ese título correspondiente a dicha compañía.

En 1970 se desarrolló un modelo que influyó enormemente en la manera que los negociantes valúan y cubren las opciones y fue la base para el crecimiento de la ingeniería financiera hasta el presente [6]. En 1977 luego de estudiar el desempeño de más de 2000 acciones desde 1941 hasta 1990 se concluyó que el coeficiente Beta no era capaz de explicar bien el desempeño de las acciones llegando a la conclusión de que los mejores indicadores de futuros rendimientos eran la capitalización bursátil y el ratio de valor de libros /valor de mercado. Esta conclusión implica relacionar el rendimiento futuro al grado de desarrollo actual y potencial que puede presentar una firma en el tiempo.

Es en este Estado del Arte en el contexto del cual se propuso verificar que cuanto mayor es el grado de Desarrollo Organizacional de una compañía (capacidad de revisar continuamente la estrategia y operación de su gestión de conocimiento), mayor será la posibilidad de supervivencia a largo plazo.

El modelo CAPM separa la tasa de rentabilidad obtenida de un valor en componentes macro (sistémico) y micro (específico de cada compañía) y se expresa:

$$r_i = \alpha + \beta_i r_M + \varepsilon_i \quad (1)$$

Tal que: r_i , α , β_i , r_M , ε_i son, respectivamente, la rentabilidad superior de un valor, el factor α , que mide el valor esperado de la rentabilidad si el factor β_i de mercado es igual a cero. Este último factor mide la sensibilidad del valor al factor macroeconómico de la capacidad de respuesta del

mercado, r_M cuantifica las variaciones sorpresivas de la macroeconomía y finalmente ε_i mide el impacto de las fluctuaciones debidas a las situaciones específicas de la compañía, imprevisibles (Figura 1)

Hay un modelo factorial, en el cual la elección de un factor común β es responsable de la covarianza de la rentabilidad de todos los valores. Este modelo estadístico valora los dos componentes de riesgo de una cartera de valores específicos: el riesgo sistemático (macroeconómico) y el riesgo específico de cada compañía.

2.2.1.2 Frontera Eficiente de posibilidades de cartera y zona de estados deseables D:

El modelo factorial permite definir una frontera eficiente de posibilidades de la cartera, que define en el plano (Retorno Esperado vs. Riesgo), una zona **D** de estados que denominaremos factibles para el inversor (Figura 1)

El modelo define una recta de regresión, LÍNEA CARACTERÍSTICA DEL MERCADO DE CÁPITALES (SML, Security Market Line) que responde a la función (1) y se puede interpretar como la regresión de variable única de r_i en la rentabilidad anormal del mercado r_M . Ecuación (1)

* se puede obtener a partir de la covarianza entre el rendimiento del título y el rendimiento del mercado, dividiéndola por la varianza del rendimiento del mercado y expresa la volatilidad del mercado mediante ecuación (2). Alfa es el rendimiento esperado del título cuando el rendimiento esperado del mercado es nulo (el mercado no se mueve al alza y tampoco a la baja). Ecuación (3).

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i, r_M)}{\sigma_{r_M}^2} \quad (2)$$

$$\alpha_i = E(r_i) - \beta_i * E(r_M) \quad (3)$$

En consecuencia el riesgo que lleva implícito el rendimiento esperado será:

$$\begin{aligned} \sigma^2(r_i) &= \sigma^2(\alpha + \beta_i r_M + \varepsilon_i) = \sigma^2(\beta_i r_M) + \sigma^2(\varepsilon_i) = \\ &= \beta_i^2 \sigma^2(r_M) + \sigma^2(\varepsilon_i) \end{aligned} \quad (4)$$

El primer término es el riesgo sistemático que depende exclusivamente del mercado y el segundo (varianza de épsilon) es el riesgo propio del título dependiente de la compañía y no del mercado. Ecuación (4)

2.2.1.3 Riesgo propio y nivel de Desarrollo Organizacional Sustentable (DOS)

El valor actual neto del flujo de fondos de un negocio en un horizonte dado de planificación se determina por la suma del flujo de fondos aleatorios descontados a la tasa de rendimiento que corresponde al rendimiento esperado de r_i en el Modelo CAPM. La medida del riesgo propio de un negocio correspondiente a una compañía estará dada por la varianza del VAN. El riesgo ante distintos escenarios será menor cuanto menor sea la varianza del VAN la cual puede asociarse a

la varianza específica de esa compañía, es decir: $\sigma^2(\varepsilon_i)$.

Denominamos **Desarrollo Organizacional Sustentable (DOS)** de una compañía a la capacidad de gestión de conocimiento incorporada por la misma en términos de asegurar estrategias y tácticas

de planeamiento que minimicen $\sigma^2(\varepsilon_i)$ a lo largo de sucesivas etapas de tiempo de planificación

donde $\sigma^2(\varepsilon_i)$ es la varianza específica del negocio.

El síntesis el valor esperado del VAN está dado en la Ecuación (5)

$$\sigma^2[VAN[X_i]_\mu] = \sigma^2\left[\sum_{i=1}^n f_i X_i\right] = \sum_{i=1}^n (f_i)^2 \sigma^2(X_i) \quad (5)$$

Que expresa la varianza del VAN, y la varianza específica del negocio $\sigma^2(\varepsilon_i)$

2.2.1.4 Escenarios posibles y zonas de inversión limitadas por la recta SML:

2.2.1.4.1: Zona de inversiones posibles D

Para distintos conjuntos posibles de valores de $\langle y \rangle$ y el *coeficiente de correlación*, definen distintos escenarios posibles para un inversor en el gráfico de la Figura 1. El modelo CAPM define una zona que denominaremos **D** dentro de la frontera de inversiones posibles de la cartera en la que son factibles inversiones en modelos de negocios de compañías bajo la condición de asegurar eficiencia mediante adecuada diversificación

Dado que $\langle \rangle$ indica el rendimiento esperado del título cuando el rendimiento esperado del mercado es nulo (no se mueve a la alza y tampoco a la baja) se asume $\langle \rangle > 0$ y fijo. En la figura 1, corresponde al punto A (ordenada de la recta de regresión al origen).

2.2.1.4.2: Zona de inversiones posibles (DD) en el entorno de la recta SML.

Definimos una zona de posibles inversiones, que denominaremos **DD**, dentro de la zona de D, correspondiente a conjuntos de valores de inversiones en títulos de compañías para las cuales el coeficiente de interrelación tiende a uno (en el entorno de la recta SML)

2.2.1.4.3: Zona de inversiones posibles (DOS) en el entorno de la recta SML, con riesgo específico del negocio mínimo.

Dentro de la Zona DD, es posible la existencia de inversiones en títulos que corresponden a negocios/ compañías para las cuales el riesgo específico, medido por la Varianza del Valor Actual Neto del flujo de fondos es mínimo. Estas posibles inversiones definirán una zona de inversiones que denominaremos DOS, dentro de la región DD.

2.2.1.4.4: Negocios con mayor o menor riesgo, medidos por el coeficiente β (Beta)

Las firmas que toman decisiones de inversión en negocios con activos libres de riesgo se ubicarán en el punto Op sobre la recta SML. (Inversiones neutrales), en las cuales el coeficiente Beta es igual a uno, ya que la covarianza entre el riesgo propio del negocio y la varianza de la cartera de mercado son iguales.

Si el inversor es averso al riesgo, tomara decisiones de inversión para ubicarse en la zona donde Beta es menor que uno que corresponde al segmento OE. En este caso la respuesta del riesgo del mercado es amortiguada en su impacto sobre el negocio específico (Inversiones conservadoras o defensivas).

Si el inversor es propenso al riesgo, utilizando apalancamiento operativo financiero en sus proyectos de negocios (aumentando la relación entre costos fijos y costos totales), se ubicará en la zona donde Beta es mayor que uno que corresponde al segmento a la derecha de E.+ En estos casos, se amplificará el impacto positivo o negativo que la variación de riesgo del mercado generará sobre el negocio específico (inversiones agresivas).

2.2.1.4.5: Incertidumbre del posicionamiento final de inversiones respecto al riesgo relativo

Las decisiones de inversión se toman en base a expectativas asociadas al valor esperado del flujo de fondos del negocio en el futuro. Luego de cada decisión de inversión queda determinada una ubicación posible esperada dentro de la zona D en la representación del modelo CAPM.

Al cabo de cada proceso de decisión en su trayectoria temporal, la inversión quedará ubicada en un punto en la zona D si el decisor es racional (supuesto del Modelo CAPM).

Sin embargo la ubicación del punto que en el modelo CAPM identifica ex post a esa inversión dependerá del comportamiento en relación al riesgo que tenga el inversor institucional (valor del coeficiente Beta) y de la capacidad de Desarrollo Organizacional que permita lograr varianzas específicas del riesgo del negocio mínimas (figura 1), que lo acercarán al entorno de la línea SML (ZONA DOS).

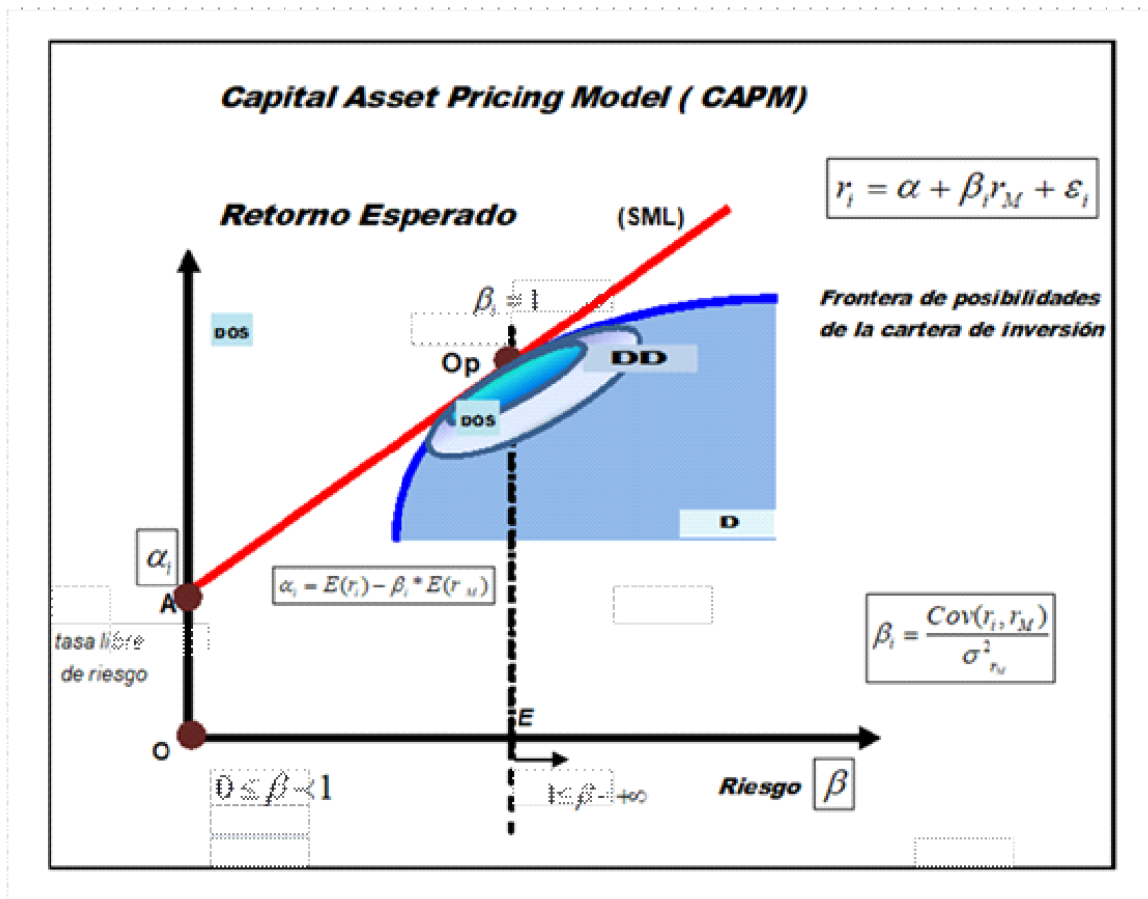


Figura 1

(Fuente del gráfico: Elaboración del autor, sobre gráfico base de imagen del modelo CAPM en Google)

2.3 POSICIONAMIENTO DE LA EVIDENCIA EMPÍRICA EN EL MODELO CAPM

En base a la evidencia resultante de la intervención (Tabla 7) se posicionaron los cinco casos en el plano del modelo CAPM (Figura 2)

Tabla 7: Síntesis del BETA y tipo de Inversión de cada caso.

Los valores de BETA respecto de OpE (a la derecha o izquierda de E) surgen de la evidencia empírica del comportamiento agresivo o conservador observado en cada caso.

CASO	Compañía estudiada	BETA	Inversiones
I	Dolmen SA	> 1	Agresivas
II	Sepul SA	> 1	Agresivas
III	Argitech srl	< 1	Conservadoras
IV	Megatix SA	> 1	Agresivas
V	Electron SA	> 1	Agresivas

3. RESULTADOS

marcha de nuevos proyectos no adecuados a las exigencias de un mercado altamente competitivo ante la importación de productos asiáticos. No hubo Desarrollo Organizacional y el nivel de decisiones quedo centrado en el dueño de la PYME.

4. CONCLUSIONES

La intervención en los cinco casos utilizando la metodología explicada permitió clasificar (Tabla 6 y Tabla 7) cada caso de acuerdo al resultado de la evidencia empírica.

Luego se utilizó el modelo CAPM para posicionar a los casos, en función del riesgo endógeno de cada empresa, medida por la varianza de épsilon (ecuación 5) que fue directamente asociada al nivel de Desarrollo Organizacional Sustentable (Gestión de Conocimiento incorporado) en cada caso (Tabla 6).

Finalmente, la Tabla 8 refleja el estado final a diciembre de 2018 de cada caso

Tabla 8: Síntesis del estado final (2018) de cada caso

CASO	Compañía estudiada	Fecha de la última intervención de Análisis y Diagnóstico	Tiempo de intervención (estudio y asesoramiento)	Estado actual
I	Dolmen SA	sep. 2017	4 años	en crecimiento al 4 % anual
II	Sefpul SA	feb.2018	1 año	en crecimiento al 12 % anual
III	Argitech srl	Julio.2017	9 meses	Estable
IV	Megatix SA	jun-16	3 años	En septiembre 2017 la firma se vendio a multinacional francesa
V	Electron SA	dic. 2017	2 meses	Con caída de ventas y posible venta de la empresa

Se quiso indagar y verificar o refutar el supuesto de que a mayor grado de Desarrollo Organizacional (Resiliencia positiva, acervo de conocimiento y capacidades de gerenciamiento proactivo) mayor será la posibilidad de que esta compañía logre mejores resultados.

Esto se verificó por la evidencia empírica expuesta ratificada por el posicionamiento de cada caso en el modelo CAPM.

5. REFERENCIAS

- [1]. Tversky, Kahneman, (1974) "Juicio Bajo Incertidumbre: Heurística y Prejuicios", Ed. R. Science
- [2]. <https://blog.gocnetworking.com/metaplan-metodo-de-moderacion-grupal-2>
- [3]. Tobin, J. y Brainard, W. (1977). "Asset Markets and the Cost of Capital", in Richard Nelson eds, Economic Progress : Private Values and Public Policy , Amsterdam: North-Holland
- [4]. Markowitz, H., (1995) Portfolio Selection " The Journal of Finance " Prentice Hall
- [5]. Sharpe, W., Gordon, Bayle, J. (1999): Investments. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ) (6ta ed)
- [6]. Merton, R. D. Crane, K. Froot, S. Mason, A. Perold, Z. Bodie, E. Sirri, P. Tufano (1995) "The Global Financial System: A Functional Perspective, Harvard Business School Press, Boston
- [7]. Ross, S., (1976) "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing". Journal of Economic Theory nro 13, Diciembre.Pags 341 a 360
- [8]. Van Horne, J. (1992): Financial Management and Policy. Prentice Hall int. Englewood Cliffs (NJ)
- [9]. Villamar Fersen Harold León (2015); La Resiliencia: su aplicación en el sector empresarial
- [10]. Yogesh Malhotra (2001), Knowledge Management and Business *Model Idea Group Pu*

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer a:

1. Su familia

2: Las autoridades y colegas docentes de la EGIDE (Escuela de Graduados de Ingeniería de Dirección Empresaria, Facultad de Ingeniería, UBA, que dieron su apoyo a la elaboración de este artículo.

La incorporación de las nuevas generaciones a las empresas familiares.

dos Santos Claro, Fernando

*Universidad Nacional de Lomas de Zamora - Facultad de Ingeniería
Ruta 4 (ex Camino de Cintura) km 2 - Lomas de Zamora.
fdsc@hotmail.com*

RESUMEN.

El estudio de las empresas familiares data de fines del siglo pasado. Surge como consecuencia de observar una serie de características propias en sus prácticas de gestión, que captan la atención de eruditos del management y ciencias afines.

La principal característica común de este tipo de empresas es la vocación de continuidad generacional.

Pero los hijos de empresarios familiares suelen contar con un gran abanico de posibilidades dadas sus condiciones económicas como así también su formación y sus alternativas profesionales.

El desafío consiste en motivar a las nuevas generaciones, cuyos valores y costumbres son tan diferentes a sus antepasados, para asumir responsabilidades en las empresas y continuar con el legado familiar.

Palabras Claves: Empresa familiar, Sucesión, Milenial, Organización.

ABSTRACT.

The study of family businesses dates from the end of the last century. It arises as a consequence of observing a series of own characteristics in their management practices, which attract the attention of scholars of management and related sciences.

The characteristic of this type of company is the vocation of generational continuity.

But the children of family entrepreneurs usually have a wide range of possibilities given their economic conditions as well as their training and professional alternatives.

The challenge is to motivate the new generations, whose values and customs are so different from their ancestors, to assume responsibilities in companies and continue the family legacy.

Keywords: Family business, Succession, Millennial, Organization.

1. INTRODUCCIÓN

Se define a la empresa familiar como “aquella cuyo patrimonio y gobierno está ejercido por los miembros de una o varias familias y su objetivo estratégico comprende la continuidad de la empresa a manos de la siguiente generación familiar” [1].

Un negocio o un pequeño emprendimiento se inicia naturalmente como una forma de sustento familiar; en cuanto comienza a crecer, en forma natural, el fundador se imagina dejando una empresa prospera en manos de sus hijos para que ellos la continúen.

Infinidad de estudios concluyen que son pocas las empresas que llegan a la segunda generación y menos aun las que llegan a la tercera.

Este artículo pretende analizar algunos de los motivos y poner de relieve la necesidad de transformar a la empresa para lograr hacerla atractiva para las nuevas generaciones teniendo en cuenta los cambios radicales en cuanto a las expectativas y preferencias propias.

La incorporación de nuevas generaciones se complica aún más en tiempos de crisis, por lo tanto, tomar conciencia de la necesidad de prever situaciones que serán inevitables en algún momento permitirá lograr la armonía en los dos ámbitos y que cada uno de los miembros de la empresa y la familia pueda desplegar su potencial en un marco de previsión y proyección.

Tal como sucede en la mayoría de los países de occidente, en la República Argentina, las empresas familiares conforman un elevado porcentaje del entretejido empresarial.

La estructura empresarial de Argentina puede ser analizadas por medio de una segmentación de las empresas a partir del número de ocupados. Con este criterio las industrias pueden ser clasificadas en microempresas (menos de 15 ocupados), pequeñas (menos de 60 ocupados), mediana tramo 1 (menos de 235 ocupados), mediana tramo 2 (menos de 655 ocupados) y grandes empresas (más de 655 ocupados) [2]. Esta categorización es coherente con las clasificaciones internacionales y permite realizar comparaciones con otros países.

Sólo el 40% de las empresas familiares alcanza la segunda generación y el 15% llega a la tercera. El resto, o cierran o son vendidas [3].

Las causas son múltiples pero el elevado índice de desaparición en el tiempo está dado por factores cuyos orígenes derivan de la coexistencia del binomio empresa-familia y la principal causante de ello es la carencia de gestión profesional y de una adecuada estrategia de crecimiento.

Las empresas familiares no sólo crean riqueza a través del intercambio de bienes o la prestación de servicios, sino que también generan afectos y sostenes intergeneracionales y transmiten valores que le son propios.

Uno de los mayores desafíos de los dueños de este tipo de empresas, para los actuales estudiosos de las empresas familiares, es contribuir a su finalidad última, es decir, a la continuidad y supervivencia de las mismas en manos de la familia empresaria dentro de un ámbito de vínculos armónicos. Para lograr este objetivo, la empresa deberá dedicar parte de su tiempo a investigar y propiciar herramientas que le permita alcanzarlo como, por ejemplo, la redacción de un protocolo familiar.

Amat, J.M. (2007) define el protocolo familiar como un documento a través del cual los miembros de la familia titular de la empresa pueden dirigir los problemas que afectan a su continuidad, acordando principios y reglas cuyo cumplimiento contribuyan a una mayor unidad familiar y a identificar y definir mecanismos para establecer estrategias de desarrollo y crecimiento que asegures la continuidad de la empresa.

Dada la relevancia de las empresas PyMEs familiares y su alto nivel de desaparición, considerando además las consecuencias adversas que ello trae aparejado para todos los agentes involucrados, este trabajo buscara realizar un aporte en la identificación y definición las restricciones para su desarrollo y crecimiento.

Quisiera hacer hincapié en el rol al que los ingenieros nos enfrentamos en este sentido, ya sea como integrantes de una familia empresaria o como gerente no familiar de una empresa de este tipo.

Un colega una vez me planteo el caso de su empresa. Él es un ingeniero mecánico que inicio su propio negocio antes de terminar la universidad. El emprendimiento es próspero y sobrevivió a muchas crisis, externas e internas. Supo reinvertir las utilidades en tecnología y les da trabajo a seis empleados. Sus hijos siguieron profesiones relacionadas con el arte y nunca tuvieron vínculo alguno con la empresa así que pensar en un retiro implica el cierre definitivo, con todo lo que eso implica.

Cuando el ingeniero se propone planificar, organizar, dirigir y controlar lo hace considerando tanto el corto como el largo plazo, pero no siempre es lo suficientemente largo.

2. LA EMPRESA PYME FAMILIAR. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.

El estudio de las empresas familiares data de fines del siglo pasado. Surge como consecuencia de observar una serie de características propias en sus prácticas de gestión, que captan la atención de eruditos del management y ciencias afines.

Entre las principales particularidades se destacan su vertiginoso crecimiento, aún en condiciones desfavorables del entorno, su alto impacto en la economía y en la sociedad en la cual están inmersas.

Se puede definir a la empresa familiar como toda organización con fines de lucro, en la cual la mayoría del capital social pertenece a una o más familias empresarias, quienes marcarán el rumbo estratégico y ejercerán su control con una fuerte disposición hacia la continuidad en las siguientes generaciones, plasmándose a través de la transmisión de los conocimientos técnicos y estratégicos de la actividad; como así también los inherentes a la propia cultura, tradición y valores cuyos orígenes nacen en el seno del clan. La empresa familiar entendida en estos términos, constituye un mandato tanto para la generación actual como para las futuras cuya misión será propiciar los medios y acciones necesarios para que este patrimonio pueda perdurar, transmitirse y acrecentarse dentro del ámbito familiar, de generación en generación.

2.1. Principales Características.

Este modelo de organización posee particularidades que la distinguen de la empresa tradicional, cuya identificación y estudio son tareas necesarias para abordarlas y gestionarlas acorde a sus necesidades concretas, para lograr alcanzar su fin último: la continuidad de la compañía en manos de la familia empresaria.

Una muestra clara de la voluntad de subsistir en manos de la familia se observa en el hecho de poner su propio nombre y apellido como marca de los productos que ofrece en lugar de buscar una por su impacto publicitario o de marketing.

Los primeros trabajos sobre empresa familiar desde el enfoque sistémico datan de la década de los sesenta y primeros años del setenta. Estos trabajos se enfocaron en los problemas típicos de las organizaciones familiares tales como nepotismo, rivalidades generacionales y entre hermanos y la falta de profesionalización en la gestión. Según esos primeros estudios, los negocios de familia constituyen la forma empresarial predominante de las economías capitalistas del mundo.

La perspectiva sistémica permite graficar la problemática de este tipo de organizaciones y observar los diferentes agentes que operan con sus intereses e inquietudes, posibles zonas de fricción y conflictos, e ilustrar claramente cuáles serán las pretendidas mutaciones según el deseo de cada participante y cómo ello influirá en el resto de las partes y en el todo.

Ward (2006) establece una serie de diferenciaciones características entre la empresa familiar y la no familiar pudiéndose resumir en los siguientes tópicos:

- En la **empresa familiar** el propietario busca la continuidad.
- Su meta es conservar los activos y el prestigio de la familia propietaria.
- La creencia primordial y prioritaria es protegerse de los riesgos.
- La orientación estratégica es la adaptación.
- La atención de la gerencia se centra en el mejoramiento incremental continuo.
- El interés está centrado en los clientes y los empleados.
- La empresa se ve como un bien de la familia y como institución social.
- En la **empresa no familiar** el propósito es maximizar los resultados a corto y mediano plazo.
- Su meta es satisfacer las necesidades de los accionistas.
- La creencia radica en que a mayor riesgo se obtiene mayor rendimiento.
- La orientación estratégica es el crecimiento constante.
- El centro de atención de la gerencia es la innovación.
- El foco de interés está centrado en los accionistas y la gerencia profesional.
- La empresa es vista como un activo usufructuario, vendible y transformable.

Para Ward la principal diferenciación entre una empresa familiar de aquella que no lo es, radica en la postura respecto a la prolongación del negocio en el tiempo y la orientación de los resultados.

Según Gallo y Amat (2003) las empresas familiares y las no familiares tienen mucho en común. La principal diferencia se encuentra la vocación de continuidad propia de las empresas que están en manos de una familia, de acuerdo con objetivos propios de este tipo de empresas:

- Propiciar el desarrollo personal de los hijos.
- Mantener en el tiempo la herencia y el legado familiar.
- Conservar la unidad familiar y fortalecer los lazos entre los miembros del grupo, a través del trabajo en común.
- Asegurar la economía familiar a través del tiempo creando riqueza.
- Asegurar al fundador un futuro económico tras la posibilidad de su retirada.

Por su parte las generaciones venideras expresan como motivos de incorporación a la organización familiar aspectos que responden a atribuciones emotivas, utilitarias o profesionales, tales como:

- La ilusión de continuar la obra de sus progenitores.
- Cumplir con una deuda moral con las generaciones pasadas.
- Realizar una carrera profesional más interesante dentro de la organización familiar.
- Trabajar con personas allegadas, con las que hay un vínculo emocional muy fuerte.
- Luchar por el patrimonio familiar.
- Desempeñarse dentro de un ámbito de flexibilidad, independencia, mayor seguridad y remuneración adecuada.

La principal característica común de este tipo de empresas es la vocación de continuidad generacional. No obstante, las empresas que logran sobrevivir a la tercera generación es muy baja. Entre las diversas causas se pueden mencionar:

- Peleas entre los miembros del grupo familiar.
- Falta de rumbos claros.
- No tener ideas precisas acerca de lo que se desea.
- Falta de conocimiento acerca de las medidas a adoptar.
- Inexistente o inadecuada planificación.

En las empresas familiares coexisten dos sistemas de bases aparentemente contradictorias. Mientras la familia es de base emocional y responde a una conducta subconsciente, introvertida y que minimiza el cambio, la otra es de base laboral y responde a una conducta consciente, extrovertida y aprovecha los cambios. De esta manera la superposición de ambos sistemas genera una zona de fricción y conflicto constante.

El desafío consiste en ubicar el equilibrio entre los intereses encontrados del sistemas empresa-familia: por un lado, el interés empresarial, sustentado en el cumplimiento de tareas que se construyen sobre la base de relaciones contractuales, con orientación hacia el mundo exterior produciendo bienes y servicios para el mercado, ponderando la rentabilidad, tomando riesgos y compitiendo; por otro lado, la plataforma familiar, básicamente emocional que prioriza los lazos afectivos, la armonía, la unión, la comprensión y la cohesión entre sus miembros.

2.2. Dinámicas y comportamientos característicos.

Las empresas en general y las familiares en particular afrontan permanentes cambios provenientes tanto del entorno en el cual desarrollan su tarea como de su propia forma de gestión.

Según Peter Senge (2005) hemos aprendido a ver la realidad con una visión simplista fragmentando el problema en partes pequeñas sin tener en cuenta el todo que lo contiene. Propone un pensamiento sistémico que permita tener una visión completa y acabada del todo, incluyendo el entorno donde está inmersa la organización.

De la teoría o principios sobre los cuales se asienta la empresa, devienen una serie de interrelaciones de las cuales surgen reglas que generan comportamientos, usos y costumbres. Los principios explican por qué la empresa se lleva de esa manera y no de otra. Así se forma el modelo que establece las reglas operativas, dando lugar a mejores prácticas que contribuyen a su buen funcionamiento y normalizan la operatoria.

Las empresas familiares poseen un doble desafío: No sólo deberán tomar las decisiones adecuadas en lo que respecta a los problemas relacionados con su giro comercial sino también deberán ser capaces de evaluar las dinámicas que rigen las conductas y comportamientos de su fundador, la familia y la empresa. Se necesitará desarrollar habilidades especiales que permitan identificar y superar esas dificultades, adoptando estrategias que posibiliten el crecimiento de la compañía y, al mismo tiempo, facilitar la transferencia del poder y el control.

El modelo conceptual presupone dos subsistemas interconexos: la familia y el negocio, en los cuales cada uno tiene sus propias normas, reglas, valores, organización y estructuras. La problemática se plantea porque son los mismos individuos quienes han de cumplir obligaciones en los dos espacios. Por un lado, la empresa debe gestionarse acorde a las prácticas y principios del management, y por el otro, deben considerarse los intereses, necesidades e ingresos de la familia.

Según Treviño Rodríguez (2010) lo que distingue a una empresa familiar de otra que no lo es, radica en el involucramiento de la familia en el negocio: operación, gestión, toma de decisiones, control.

Se puede decir que los miembros de la familia se involucran en la empresa cuando las dinámicas sociales de ella se ven manifestadas en la compañía. Así lo que suceda en uno de los componentes del binomio afectará el resultado de la ecuación empresa-familia. La autora explica que cuando los mismos individuos interactúan en dos contextos sociales distintos lo que acontece en uno influirá en los comportamientos y actitudes que las mismas personas tienen en el otro. En este sentido estamos hablando de interacciones que están conectadas, esto significa que cada uno de los elementos del sistema está directa o indirectamente relacionado no pudiéndose analizar o evaluar sus partes por separado.

En ocasiones, a pesar de que cada una de las partes alcance su mejor desempeño esto no garantizará que el sistema en su conjunto logre los objetivos, por lo que puede ser necesario que una de las partes sacrifique ganancia para que el sistema en su totalidad alcance su mayor potencial. Por su naturaleza, la empresa familiar presenta un grado mayor de complejidad que la no familiar. Los sistemas complejos están mejor provistos de recursos para adaptarse a un entorno complejo, cambiante, con alto nivel de incertidumbre. Ello se debe a la dinámica intrínseca del binomio empresa-familia que les permite auto-organizarse, adaptarse y aprender.

Estas organizaciones están dotadas de intangibles específicos propios como la flexibilidad que constituyen una ventaja competitiva inigualable en las empresas familiares. Son capaces de crear condiciones favorables que generan innovaciones en los diversos aspectos de la empresa,

permitiendo lograr, consecuentemente, una mayor adaptabilidad al entorno e incrementar el potencial para afrontar la complejidad del medio.

3. PROBLEMÁTICAS DE LA EMPRESA FAMILIAR: ROLES, FUNCIONES Y CONFLICTOS.

Por las características propias de los subsistemas que lo componen, una misma persona puede ocupar más de un rol dentro del binomio. Según dónde se encuentre, sus intereses e inquietudes podrán ser diferentes, es por ello que identificarlos permitirá orientar un marco en donde poder plantear los diferentes escenarios. A mediados de la década de 1980, a raíz de una investigación en Harvard, Renato Taguri y John Davis elaboran el modelo de los tres círculos que, por su simpleza y claridad, aún sigue vigente. De acuerdo con este modelo, una descripción más precisa de este tipo de organizaciones debe considerar tres subsistemas independientes pero superpuestos: la propiedad, la familia y la empresa.

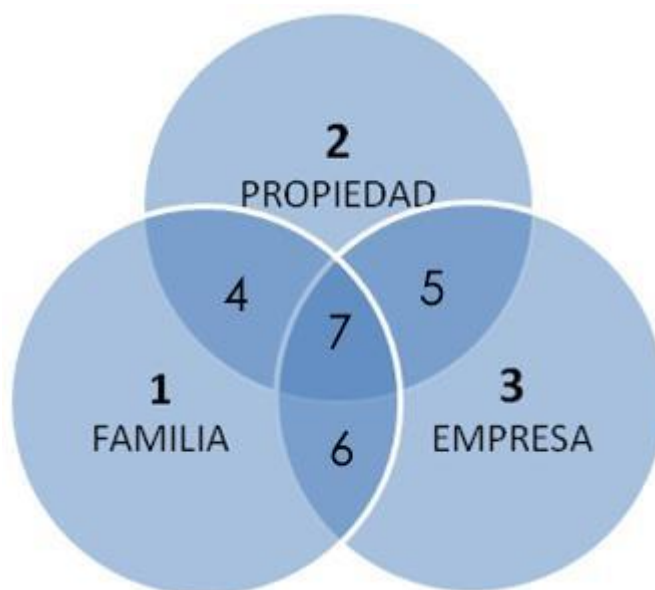


Figura 1. Modelo de los tres círculos de la empresa familiar - Taiguri-Davis - Harvard 1980.

En este tipo de empresas, cualquier individuo puede ser colocado en uno de los siete roles que se conforman al superponerse los círculos de los subsistemas. Como se desprende del diagrama (Figura 1) están aquéllos quienes tienen un solo vínculo con la empresa, como lo son los 1 (miembros de la familia), los 2 (aquéllos que poseen acciones o porción del capital) y los 3 (quienes son empleados externos a la familia). En tanto, quienes ocupan las posiciones 4, 5 y 6 corresponden a individuos que tienen más de un nexo con la empresa. Así los 4 son quienes poseen propiedad y a su vez son miembros de la familia. Los 5 trabajan en la empresa y son propietarios, en tanto los 6 trabajan en la empresa y a su vez son miembros de la familia empresaria. Por último, el 7, que se halla dentro de los tres círculos, se corresponde a aquella persona propietaria, miembro de la familia y que trabaja en la empresa.

Este modelo muestra las diferentes maneras de vincularse con la organización. Es una herramienta muy útil a los fines de estudiar la dinámica de la empresa familiar y su comportamiento actual y posibilidades futuras. Algunos ejemplos son las luchas familiares por las políticas de dividendos, la planeación de la sucesión, la incorporación de las nuevas generaciones, las retribuciones o cómo serán las promociones.

Trevinyo Rodríguez (2010) sostiene que todas las condiciones y complejidades que se suscitan en la familia, de alguna manera están integradas en el sistema. Todos los integrantes del sistema familiar tienen derecho de pertenencia y, según cómo se fomenten los lazos familiares, más fuertes o más débiles, habrá mayor o menor cohesión o individualidad.

Dos cuestiones fundamentales que impactarán en la dinámica son el tiempo y el espacio, es decir, cuándo nacen los hijos y el orden de nacimiento. Estos son aspectos importantes a considerar a la hora de analizar los perfiles de comportamiento y actitudes. Explica que, a mayor tiempo de pertenencia, más beneficios, tal es el caso de los hijos primogénitos. Es por ello que el orden de nacimiento marca de alguna manera la dimensión de pertenencia al sistema familiar.

Otro punto a considerar es el matrimonio y las separaciones, para Trevinyo Rodríguez los hijos del primer matrimonio suelen tener predominio sobre los del segundo. Asimismo, cada individuo tendrá su propio sistema "personal" de autorregulación que convivirá con el familiar, sin que esto implique una predestinación.

Todo este entramado de posibilidades de roles, vínculos, comportamientos y actitudes generan la probabilidad de conflictos que impactarán en la organización familiar poniendo en riesgo su equilibrio y en casos más extremos su supervivencia.

Acorde al modelo de los tres círculos, la diversidad de posturas e intereses en cada uno de los roles pueden tomar diferentes formas. Es factible pensar también que en cada uno de los siete subconjuntos hay una gran variedad de posibilidades, razón por la cual cada una de ellas deberá ser tenida en cuenta a la hora de plantear los diferentes escenarios en la empresa familiar.

Uno de los principales retos que debe afrontar la empresa familiar es el crecimiento y las buenas prácticas. Según Ward (2006) las empresas familiares fracasan de manera lenta pero segura como consecuencia de la inacción de sus propietarios gestores. Los responsables de estas firmas no son capaces de tomar a tiempo las decisiones necesarias que aseguren la vitalidad del negocio en momentos cambiantes y complejos.

No obstante, sostiene que esta situación es reversible si se aplican ciertos pasos que posibilitan su crecimiento. Ward menciona seis causas que preocupan a los empresarios familiares en torno a esta temática, expresadas en el siguiente orden:

- la madurez de la organización,
- la limitación del capital,
- la falta de sucesores,
- la inflexibilidad del emprendedor,
- los conflictos entre hermanos y, por último,
- las metas y valores dispares.

Las cuatro primeras son netamente organizacionales mientras que las dos últimas están vinculadas a la familia. Su estudio concluye en que buenos líderes familiares son aquéllos que dedican sus mayores esfuerzos a nutrir y reforzar la armonía, confianza, satisfacción y metas comunes entre los miembros de la familia. En este contexto la cultura adquiere un rol predominante.

La cultura la forman aquellas creencias y supuestos básicos arraigados y compartidos por los miembros de una organización que operan de manera inconsciente y se definen de una manera simple de la visión de la empresa y el entorno. Esto implica la adquisición y transmisión de conocimientos, creencias y patrones de conducta a lo largo del tiempo, lo que explica la estabilidad de la cultura en las empresas y la dificultad para cambiarla.

El fundador es quien sienta las primeras bases de la cultura, ya que es él quien imprime sus valores y estilo administrativo a la organización. Con el tiempo el tipo de liderazgo es transmitido a gerentes, mandos medios y demás empleados y los reclutamientos de personal se hacen teniendo en cuenta si comparten los mismos valores. Así la cultura de la empresa se hace cada vez más fuerte en la medida que sus miembros se hacen más semejantes.

En las empresas familiares, la cultura concibe el carácter de los miembros de la familia transmitiendo valores, costumbres, creencias y tradiciones que se traspasan de generación en generación. No obstante, debe tenerse en consideración que, si aquéllas se consideran inamovibles pueden minar el crecimiento del negocio toda vez que no permita adaptarse a los cambios. Esto no significa eliminar la cultura, sino por el contrario capitalizarla y potenciarla. La cultura de la empresa familiar posee un papel preponderante a la hora de determinar si la organización vivirá más allá de la primera generación.

4. LA CONTINUIDAD DE LA EMPRESA FAMILIAR.

Las empresas familiares independientemente de su tamaño y las acciones que realizan, son organizaciones cuya propiedad pertenece en su mayoría a una o más familias dotadas de una alta capacidad de esfuerzo, vocación, visión e intuición para llevar adelante un proyecto empresarial cuyo objetivo es transmitirlo a sus descendientes. Sin embargo, sólo una pequeña proporción logra alcanzar dicha meta.

Según la investigación realizada por Pérez Molina y Gisbert Soler (2012) en la comunidad Valenciana a cincuenta empresas familiares de diversos tamaños y sectores, encontraron que las mayores dificultades en torno a la perdurabilidad de estas organizaciones radican en problemas relacionados con, por un lado, la confusión entre el giro empresarial y los intereses familiares y, por el otro, a los relacionados con la problemática de la sucesión.

Entre los primeros destacan:

- la falta de crecimiento de la empresa familiar acorde al crecimiento de la familia, dando lugar a que el negocio no pueda cubrir todas las necesidades económicas de ésta,
- la desmotivación del personal tanto familiar como externo, en un caso por no poder acceder a toda la información financiera y en el otro por el trato preferencial hacia los familiares,
- la inexistencia de normas para la incorporación a la empresa familiar, la formación y preparación previa, la delegación de responsabilidades, etc.,
- la falta de armonía familiar por conflictos generacionales, entre hermanos, entre parientes políticos, desacuerdos entre padres e hijos, miembros de la familia y externos,
- canales de información inadecuados, tales como rumores, chismes, manipulación de información, entre otros,

- y los problemas derivados de la remuneración y la evaluación de desempeño de los miembros de la familia.

Entre los segundos:

- la incorporación de directivos familiares no siempre es voluntaria, sino que obedece a presiones para cumplir con la tradición familiar,
- la insuficiente capacidad directiva del sucesor,
- la inadecuada formación académica y/o laboral del descendiente,
- y la desconfianza en la transición y los conflictos entre hermanos o primos.

Entre tanto, Gallo (2003) describen las prácticas que han seguido aquellas empresas familiares que han logrado sobrevivir tres o más generaciones, entre las que destacan:

- La organización familiar se ve afectada por las rivalidades y tensiones que derivan de la coexistencia y superposición de roles y funciones, por lo tanto, es necesario promover la unidad, el diálogo y el compromiso, delimitando los asuntos relacionados al clan de los de la compañía. A tal fin, expresan la necesidad de explicitarlos en el protocolo acompañado del consejo de familia que gobierne estos temas.
- La propiedad puede verse afectada por las tensiones de los accionistas, sobre todo cuando esta comienza a atomizarse, por lo que es necesario planificar una estructura societaria, fiscal y financiera que permita asegurar el patrimonio familiar en la organización como así también promover la eficacia del consejo de administración.
- A las firmas familiares les cuesta mantener una rentabilidad sostenida a largo plazo, producto de las dificultades que poseen para internacionalizarse, incorporar nuevas tecnologías, renovar productos, pérdida del espíritu emprendedor del fundador, etcétera. Por lo que es imperioso fomentar una mayor conciencia estratégica en torno a estos temas.
- Este tipo de firmas y muy en especial las PyMEs son muy personalistas, con escasa profesionalización del personal, limitado desarrollo de su equipo humano como así también de sistemas e instrumentos directivos. Para favorecer la continuidad de la empresa a largo plazo es necesario promover la profesionalización del capital humano, fomentar una cultura orientada al cambio e incrementar el compromiso y motivación del personal.
- Por último, la sucesión. Argumentan que a pesar de que esté planificada, el traspaso significa un clima de mucha tensión, por lo que es necesario promover una gestión anticipativa que favorezca el apoyo de la familia y de la propiedad al proceso de relevo generacional.

Las generaciones de mayor edad hacen planes acerca de cómo y cuándo dar a sus hijos lo que consideran que ellos desean. En la mayoría de casos les dan señales y mensajes específicos, aunque no claros, tales como “todo esto será tuyo algún día”.

Pero los hijos de empresarios familiares suelen contar con un gran abanico de posibilidades dadas sus condiciones económicas como así también su formación y sus alternativas profesionales. En ocasiones, estos jóvenes desean hacer su propio recorrido, no siendo bien aceptada la renuncia a trabajar en la empresa familiar ya que esto implica el rechazo a todo un esfuerzo de sus antepasados. Como contrapartida, el hijo al que no se le hace tal ofrecimiento de ingresar a la compañía familiar se siente rechazado, desaprobado.

Gallo (2011) destaca que del análisis de los protocolos de las empresas familiares que subsisten a las primeras generaciones identifican cinco razones de continuidad:

- La obligación moral de continuar lo que han realizado generaciones anteriores.
- La oportunidad que la empresa familiar posibilita a las generaciones jóvenes en cuanto a su desarrollo personal y profesional.
- La posibilidad de incrementar el patrimonio económico manteniéndose unidos.
- La importancia de mantener el capital familiar y el status social que los miembros de la familia disfrutaban por pertenecer a la empresa.
- La posibilidad que la empresa familiar otorga para colaborar con el bien común de la sociedad.

La clave está en el compromiso que aporta la energía necesaria para generar unidad. Lograr compromiso, mantenerlo e incrementarlo a través del tiempo es una tarea que requiere de un esfuerzo prolongado para formar a los miembros de la familia en la comprensión del proyecto empresarial y familiar compartido.

De lo expuesto se desprende que son diversas las variables que influyen en la continuidad de la empresa familiar, pero algunas son de mayor peso, como la sucesión de sus miembros o la existencia de conflictos familiares. Sin embargo, existen variables de diversa índole: los que derivan del sistema familiar propiamente dicho, los que devienen de la propia gestión de la organización, como así también los comunes al sistema empresa en su totalidad.

Hasta aquí hemos descripto a las empresas familiares, sus características de funcionamiento y las causas posibles de subsistir según la mirada de varios autores.

Ahora bien, las nuevas generaciones deben tomar la posta de la anterior, pero, como veremos enseguida, sus intereses, formas y expectativas son muy diferentes a las predecesoras por lo que su incorporación no suele ser natural y sencilla.

Es un error frecuente que se comete en las empresas familiares no tener en cuenta tanto el tiempo necesario para la adaptación de la nueva generación que se incorpora como el de la empresa a los nuevos integrantes. Lamentablemente, también es común que se espere a llegar a un momento en el cual no hay tiempo para hacer una evaluación adecuada y llevar adelante un plan de integración que aumente las posibilidades de éxito. La salud o el fallecimiento del dueño puede obligar a una sucesión forzada, siempre traumática y compleja, cuyo éxito dependerá mucho más de factores emocionales que de las aptitudes y capacidades de los hijos.

5. LAS GENERACIONES X, Y Y Z.

Si bien las diferentes generaciones tienen particularidades propias en cada país o región del mundo, sus características se hacen más parecidas en la medida que se originan en los cambios tecnológicos y los hábitos que estos generan.

La generación X comprende a los nacidos entre 1965 y 1981, durante la reconstrucción de Europa después de la segunda guerra mundial. No han tenido la vida nada fácil, ya que, tras un periodo muy complejo, tener un puesto de trabajo era un gran reto. Trabajar y producir era su filosofía de vida, dejando de lado el idealismo. El individualismo, la ambición y la adicción al trabajo o workaholic son los valores en los que han crecido.

A los padres de esta generación les tocó la peor parte: vivieron la plena posguerra. En Estados Unidos fueron llamados los Baby boomers, nacidos entre 1945 y 1964, y su nombre se debe a que nacieron durante el periodo del baby boom, esto es, la época en la que la tasa de natalidad se vio disparada en varios países anglosajones, sobre todo Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda, después de que la Segunda Guerra Mundial llegara a su fin.

Los primeros estudios relacionados con las empresas familiares surgieron en los años 60 para analizar a aquellas empresas cuyas características eran novedosas por esos días^[4].

Han pasado por todo el periodo de evolución tecnológica y el auge y desarrollo de los medios de comunicación, además de gozar de estabilidad tanto laboral como familiar y estar activos tanto física como mentalmente. Pese a que están adaptados al mundo 4.0, son menos dependientes del smartphone que las siguientes generaciones.

Muchos fundadores de empresas familiares argentinas forman parte de esta generación.

La revolución la han marcado los milenials o generación Y. Conocidos también como nativos digitales, se considera milenial a las personas nacidas entre 1982 y 1994 y la tecnología forma parte de su día a día: todas sus actividades pasan por la intermediación de una pantalla. Sin embargo, no nacieron con ella, sino que de la época analógica en la que vivieron migraron al mundo digital.

A diferencia de las generaciones anteriores, el mundo, con motivo de la crisis económica, les exige una mayor preparación para optar a un puesto de trabajo, donde cada vez la competencia se hace mayor. En oposición a sus padres, la generación X, los nativos digitales no se conforman con lo que les ha tocado vivir y son ambiciosos para alcanzar sus metas.

No obstante, la generación del milenio vive con la etiqueta de ser perezosa, narcisista y consentida.

La generación Z, también llamada posmilenial o centennial, por haber venido al mundo en pleno cambio de siglo, nacieron entre los años 1995 y 2010, está marcada por Internet. Forma parte de su ADN, irrumpe en su casa, en su educación y en su forma de socializar. Y si la generación Y lo tiene complicado para encontrar trabajo, la situación de los posmilenials es todavía peor.

Su dominio de las tecnologías quizá hace que descuiden más sus relaciones interpersonales, pero son los que dan más voz a las causas sociales por Internet. Les gusta obtener todo lo que desean de forma inmediata, hecho propiciado por el mundo digital en el que están inmersos, y su estilo de vida también está marcado por los youtubers. Les resulta casi imposible esperar los resultados como lo hicieron sus padres. Sembrar hoy para cosechar mañana lo consideran improductivo.

Son multitarea, pero su tiempo de atención es muy breve. Son independientes y consumidores exigentes y ocuparán puestos de trabajo que hoy en día aún no existen.

Pese a la diversidad social de esta época, la generación Y y la Z son las más predominantes: según el estudio New Kids On The Block. Millennials & Centennials Primer del Bank of America Merrill Lynch^[5], existen 2.000 millones de milenials y 2.400 de centennials, por lo que representan el 27 y el 32% de la población mundial, respectivamente.

A la generación actual, los que han nacido después de 2010, se les acuña el término de generación Alpha y sabremos acerca de ellos en los próximos años.

De lo expuesto se desprende que cada generación se compone por los nacidos en periodos de tiempo cada vez más cortos, es decir que las características de las nuevas generaciones mutan cada vez más rápido y con diferencias cada vez más notables dadas por la tecnología y por su incorporación en la vida cotidiana.

Resulta inevitable entonces que los dueños de empresa también cambien y se adapten a las nuevas generaciones ya que, de otro modo, no podrán encontrar un sucesor que se interese en un emprendimiento surgido en un contexto demasiado lejano para ellos.

Para los primeros individuos de la generación X, trabajar muchas horas era sinónimo de compromiso con la empresa. Son personas que hoy tienen alrededor de 50 años para los cuales volver cansado

a casa, ver crecer a sus hijos (varios hijos) y ser atendido por su esposa (la mujer no solía trabajar fuera de su casa) era el premio a su esfuerzo. Sus hijos forman parte de una generación influenciada por un crecimiento explosivo de la tecnología que pretende un estilo de vida radicalmente opuesto al de sus padres, por lo tanto, si la empresa familiar no se adapta cambiando su cultura a la de la nueva generación, se producirá un choque cultural que va a desembocar en una crisis inevitable.

De hecho, los protocolos de familia surgen para fijar pautas y condiciones para la sucesión mientras que en la segunda mitad del siglo pasado las decisiones tomadas por el fundador eran inapelables. Muchas empresas familiares imponen como condición para que sus hijos se incorporen que terminen una carrera universitaria o un posgrado con la esperanza de agregar valor a la compañía. Pero sucede que el estudiante descubre un mundo que considera demasiado alejado de la empresa familiar y que no podrá satisfacer las nuevas expectativas surgidas a partir de su capacitación. Por lo tanto, pierde interés y le resulta más interesante dedicarse a otra cosa que luchar en su empresa para poder implementar herramientas que requieren de un cambio de cultura radical para lograr el éxito.

De este modo, las generaciones surgidas en entornos cada vez más tecnológicos no consideran que las empresas fundadas por sus padres o abuelos puedan resultar interesantes para ellos y prefieren hacer su propio camino.

En el caso particular de nuestro país, se suman las sucesivas crisis que obligan a las empresas a vivir con un nivel de tensión adicional que, por el perfil que acabamos de describir, no atrae el interés de las generaciones más jóvenes.

Ese trabajo es inherente a los integrantes de la familia que ocupan las posiciones de decisión más importantes y debe ser tomado con la anticipación conveniente y siguiendo un plan organizado adecuadamente.

Un buen gerente no es aquel que solo logra buenos resultados sino aquel que, consiente de su condición finita, logra alcanzar la visión para preparar adecuadamente a un sucesor.

Muchas empresas familiares no tienen la posibilidad de dejar a un integrante de la familia al mando de la compañía. Las razones pueden ser variadas como la falta de descendientes o el desinterés de los hijos en el negocio de sus padres. Es poco probable que un hijo quiera seguir con el emprendimiento de su padre cuando toda su vida lo vio llegar a casa tarde, cansado y de mal humor, descargando sus frustraciones en el seno de su propia familia o afectando a su salud y bienestar.

En estas circunstancias es que deben recurrir a una persona no familiar que pasa de cumplir un rol de empleado a ser considerado de la familia y luego a compartir la propiedad de la empresa (pase del rol 3 al 6 y finalmente al 7 en el *Modelo de los tres círculos de la empresa*, visto en el punto 3 de este trabajo).

Resulta importante que un ingeniero conozca los temas particulares que atañen a las empresas familiares para poder hacer un aporte cuando se desempeñe en una de ellas. De un modo u otro, su desempeño podrá tener incidencia en su desarrollo profesional dentro de la misma empresa familiar o bien deba asumir responsabilidades que las nuevas generaciones no desean o no están en condiciones de asumir.

Trabajar como ingeniero en una empresa familiar es un desafío muy diferente al que se presenta en otro tipo de empresa y comprender los principios enunciados en este artículo permitirá hacer una proyección de la carrera profesional adecuada según las propias expectativas e intereses.

La sucesión de una empresa familiar planificada y enmarcada en un protocolo adecuado permitirá afrontar el desafío de un modo más seguro, especialmente teniendo en cuenta la profunda crisis general que le toca afrontar en estos tiempos. La situación no debería ser una excusa para postergar o ignorar lo que el simple paso del tiempo demuestra que es inevitable: la sucesión de la empresa familiar.

6. CONCLUSIONES.

- a) Si bien las empresas familiares poseen los mismos problemas que surgen en cualquier otro tipo de organizaciones, su entorno administrativo presenta retos diferentes, los cuales afectan principalmente la condición de continuidad que se evidencia especialmente en los procesos de sucesión. Es por esto que impulsar la búsqueda de nuevas estrategias administrativas que promuevan la adopción de nuevos modelos de gestión, creación de órganos de gobierno, elaboración de protocolos y sobre todo la profesionalización de la organización, es la mejor forma de contribuir a mejorar su competitividad y disminuir los conflictos propios de la mezcla de familia, propiedad y empresa.
- b) Indiscutiblemente la condición de éxito de las organizaciones familiares, se construye inicialmente a partir de la creación de un ambiente de gestión que logre diferenciar y separar correctamente los entornos de familia, empresa y propiedad. En otras palabras, el éxito de estas organizaciones debe ser el reflejo de una cultura corporativa que promueve como política institucional proactiva la inclusión de nuevos modelos de gobernabilidad bajo el esquema de protocolos, órganos de gobierno, cambio generacional y un plan de sucesión coherente, dado que son las medidas que darán las garantías necesarias para la continuidad del negocio.

- c) Los hijos herederos de empresas familiares pertenecen a generaciones cuyas expectativas, gustos e intereses son muy diferentes a las de sus padres, por ello no les entusiasma incorporarse a empresas cuyos negocios y formas de gestión consideran antiguas y obsoletas.
- d) Las empresas se resisten a cambiar cuando su forma de gestión les ha permitido prosperar a través de los años. Las nuevas generaciones necesitan poder adaptarse a la empresa familiar pero también exigen cambios en ella que consideran primordiales. Como ejemplos podemos mencionar la digitalización de tareas, el trabajo remoto, periodos de vacaciones no condicionados por la antigüedad, etc. Extensas horas de dedicación al trabajo y la fusión entre la familia y la empresa no son admitidos por las nuevas generaciones que considera fundamental el desarrollo de una vida personal por fuera de la laboral.
- e) La sucesión requiere de un enfoque estratégico de la familia, tomando la anticipación necesaria para indagar, antes que nada, acerca del interés de sus hijos en el negocio familiar y después incentivar a la profesionalización para poder hacer aportes adicionales a su natural de consanguinidad. Dadas las expectativas que se originan, triunfar en una empresa familiar es mucho más complejo que lograr ser reconocido en una empresa cualquiera, por ello la integración generacional no es un hecho espontáneo, sino que es necesario generar las condiciones adecuadas para que se efectúe con éxito.

4. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.

- [1] <https://www.eaeprogramas.es/empresa-familiar/que-es-una-empresa-familiar-concepto-y-caracteristicas>.
 - [2] MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO SECRETARÍA DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA Y LOS EMPRENDEDORES. Resolución 69/2020.
 - [3] Antista, S.A. (2015) Empresas Familiares: La Importancia de la Implementación de un Sistema Administrativo-Contable y la Incidencia del Nuevo Código Unificado de la Nación - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/06/CECONTA_T2015_191_ANTISTA_EMPRESAS_FAMILIARES_SIS-TEMA.pdf
 - [4] El primer artículo centrado en la dinámica de la empresa familiar en revistas indexadas en el Social Science Citation Index (SSCI) fue elaborado por Trow (1961) con el título «Executive succession in small companies» y publicado en Administrative Science Quarterly. En 1962 se puede encontrar otra aportación en la revista Business History. A partir de esta fecha y en particular tras la fundación del Center for Family Business en Cleveland, Estados Unidos, por León y Katie Danco (Sharma et al., 2007), se manifiesta el desarrollo de la investigación en empresa familiar como disciplina científica.
 - [5] <https://www.pressreader.com/kuwait/kuwait-times/20160918/282471413327341>
- AMAT, J. (2007). El protocolo familiar. La experiencia de una década. Ed. Deusto. Barcelona. España.
 - CUESTA M. (2013). El Impacto de la Generación y en la Organizaciones. Claves y desafíos de una nueva época. EDICON Fondo Editorial del CPCECABA, CABA, Argentina.
 - ES PINOSA, J. (2020,02,16) Boomers, X, millennials, Z y ahora los 'alfa': así se crean las generaciones. <https://www.newtral.es/boomers-x-millennials-z-y-ahora-los-alfa-asi-se-crean-las-generaciones/20200216/>
 - GALLO, M. (2011). El futuro de la empresa familiar. Ed. Profit. Barcelona. España.
 - GALLO, M. y AMAT, J. (2003). Los secretos de las empresas familiares centenarias. Barcelona. Ed. Deusto. Barcelona. España.
 - PEREZ MOLINA, A. I. y GISBERT SOLER, V. (2012) Problemáticas en la sucesión de la empresa familiar. Revista de Investigación 3C Empresa, vol. 1, n.º 2, mayo 2012. Alicante. España.
 - SENGE, P. (2005). La quinta disciplina. Como impulsar el aprendizaje en la organización inteligente. Ed. Granica. Buenos Aires. Argentina.
 - TAGIURI, R. y DAVIS, J. (1980). Modelo de los tres círculos de la empresa familiar - Harvard.
 - TREVINYO-RODRIGUEZ, R. (2010). Empresas familiares. Visión latinoamericana. Ed. Pearson. Ciudad de México. México.
 - VILANOVA N, y ORTEGA I. (2017). Generación Z. Editorial Plataforma. Barcelona. España.
 - WARD, J. (2006). El éxito en los negocios de familia. Ed. Norma. Bogotá. Colombia.

Agradecimientos

A mis queridas UTN, UNLZ, UPV y UCA que me permitieron estudiar lo que tanto me apasiona.

Proceso de Replanificación Estratégica Anual y Adecuación de Mapa Estratégico

Van Straaten, Hernán

*Universidad de Belgrano, Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática
Villanueva 1324. hernanvanstraaten@gmail.com*

RESUMEN

La Dirección de Producción e Ingeniería del área de generación eléctrica de la empresa Pampa Energía implementó en el 2019 un cuadro de mando integral para la gestión de sus activos. En el mismo convergen catorce plantas de distinta potencia, antigüedad y tecnología, ubicadas en diversas locaciones geográficas a lo largo y ancho de Argentina. En conjunto totalizan una capacidad instalada de 4844 MW y convierten a Pampa Energía en el primer generador de energía eléctrica del país.

El proceso de adaptación del Mapa Estratégico, en vistas al año 2020 como nuevo ciclo de planificación, comenzó con un proceso de encuestas preliminares y entrevistas que abarcaron al núcleo operacional y a las distintas áreas de soporte. En base a ese trabajo, se definieron dos instancias de tipo taller donde a través de dinámicas grupales se consensó una readecuación de objetivos estratégicos, una reestructuración de la dirección, la incorporación de nuevos indicadores e iniciativas transversales, y más importante aún, enmarcándose en los Valores, Misión y Visión de la compañía, se definió un Propósito de la dirección.

La gestión presenta al día de hoy múltiples desafíos, como terminar de afianzar la metodología en todos los activos, lograr alinear a todos los niveles de la organización, lograr resultados en la ejecución operacional, hacer una comunicación continua y efectiva, y finalmente reajustar la formulación estratégica en el marco de la disrupción a nivel mundial del COVID-19.

Palabras Claves: Mapa Estratégico, Cuadro de Mando Integral, Planificación Estratégica, Gestión Organizacional.

ABSTRACT

The Production and Engineering Direction of the electricity generation area of the company Pampa Energía implemented a balanced scorecard for the management of its assets in 2019. This scorecard is composed of fourteen plants of different power, age, and technology, located in different geographical locations throughout Argentina. Together they have an installed capacity of 4726 MW and make Pampa Energía the first electric power generator in the country.

In view of the 2020 as a new planning cycle, the process of adapting the Strategic Map started with a process of preliminary surveys and interviews which encompassed the operational core and the different support areas. Based on this preliminary work, two workshop instances were defined whereby group dynamics led to a general consensus on the readjustment of strategic objectives, a restructuring of the direction, the incorporation of new indicators and transversal initiatives, and more importantly, a Direction's purpose was defined considering the Values, Mission and Vision of the company.

Nowadays the management faces multiple challenges, such as finishing consolidating the methodology in all the assets, achieving alignment at all levels of the organization and results in the operational execution, achieving a continuous and effective communication, and finally readjusting the strategic formulation in the context of COVID-19's global disruption.

Keywords: Strategic Map, Balanced Scorecard, Strategic Planning, Organizational Management

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La gestión estratégica en las organizaciones

La estrategia en las organizaciones se podría remontar al origen mismo de las organizaciones humanas como tales. Sin embargo, el enfoque de gestión estratégica tiene raíces en el campo militar, de hecho etimológicamente la palabra estrategia proviene de “*strategos*” que en griego significa general [1]. Hasta el día de hoy persisten elementos de la guerra en la literatura actual orientada a empresas [2], lógicas belicistas son repetidas en términos de derrotar a la competencia y abundan libros y publicaciones que comienzan sus páginas citando al estratega militar chino Sun Tzu, o incluso se realizan adaptaciones del clásico libro de más de 2500 años del “Arte de la Guerra” [3].

No obstante, en términos de planificación y gestión estratégica de organizaciones empresariales, se puede tomar a modo de referencia la caracterización de las 10 escuelas históricas de la gestión estratégica que realiza Mintzberg [4]:

- Escuela de diseño
- Escuela de planificación
- Escuela de posicionamiento
- Escuela empresarial
- Escuela cognoscitiva
- Escuela de aprendizaje
- Escuela de poder Escuela cultural
- Escuela ambiental
- Escuela de configuración

Tanto Mintzberg como otros autores [5], consideran como fundacional a la escuela de diseño, y en particular a Chandler [6] y a Selznick [7]. Dentro de esta misma escuela se puede enmarcar la clásica herramienta FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) popularizada por Andrews [8] y que es una de las herramientas utilizadas en el desarrollo de este proyecto.

1.2. El cuadro de mando integral

El cuadro de mando integral o BSC (Balanced Scorecard) por sus siglas en inglés, es una herramienta de gestión estratégica propuesta por primera vez en 1992 por R. Kaplan y D. Norton [9]. En sus 28 años de historia ha sufrido modificaciones y mejoras, pero a pesar de ser una manera de gestionar relativamente reciente tiene un amplio uso en todo el mundo. Ese éxito se debe principalmente a su eficiencia, al fuerte desarrollo con base empírica y a la capacidad de gestionar al mismo tiempo tanto la estrategia como la ejecución operativa, punto donde muchas metodologías fallaban [10].

Entre los fundamentos del cuadro integral, se encuentra el uso de las perspectivas estratégicas. Muchas organizaciones tienden a concentrarse en sus indicadores financieros y pierden de vista el panorama más amplio, es por eso que los autores proponen a modo integrador las siguientes 4 perspectivas:

- Financiero
- Cliente
- Procesos Internos
- Conocimientos y Tecnología

El orden planteado permite fácilmente entender las relaciones causa y efecto que existen entre las perspectivas y ubicar los distintos objetivos dentro de ellas, a su vez permite identificar los niveles de actuación hacia adentro y afuera de la organización y facilitar un equilibrio entre el corto y el largo plazo. También se puede mencionar que la forma de organización por perspectivas tomó mayor flexibilidad en el tiempo, permitiendo reemplazar unas por otras, o modificarlas, lo que también le dio cierta popularidad en las organizaciones sin fines de lucro [11].

Como se observa en la Figura 1, cada perspectiva engloba una serie de objetivos que tienen una enunciación cualitativa; a su vez, cada objetivo es alimentado por indicadores que tienen una enunciación cuantitativa que es medida contra una meta. Por último se encuentran las iniciativas, que son esfuerzos coordinados con un principio y un fin, e impactan en uno o más indicadores.

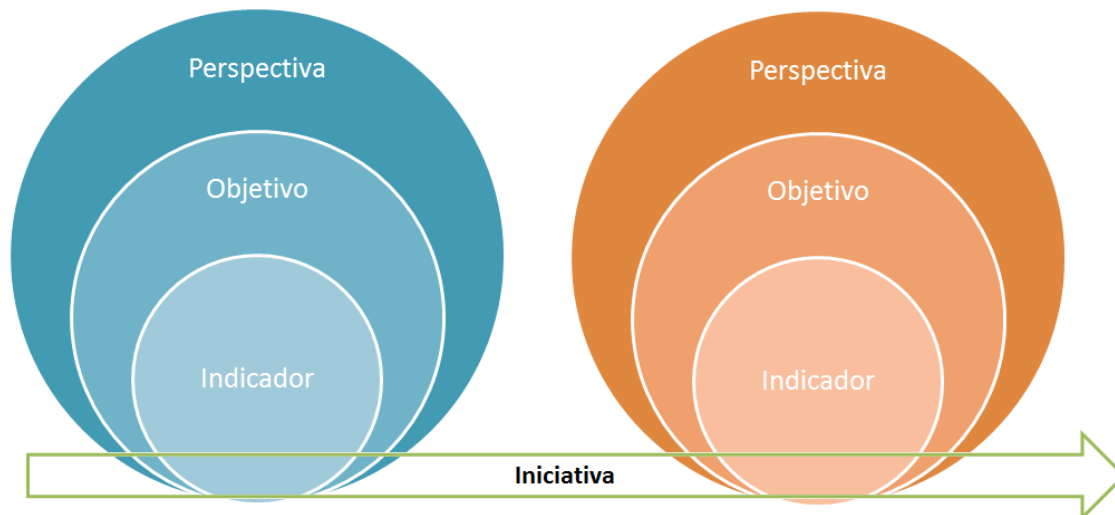


Figura 1 Relación Perspectiva-Objetivo-Indicador-Iniciativa.

Siguiendo el proceso de mejoras y evolución que el modelo de cuadro de mando integral fue atravesando en el tiempo, se puede destacar que a partir del año 2000 se incorpora un resumen visual del mismo que se denomina mapa estratégico, haciéndolo amigable a toda la organización y permitiendo una alineación más natural al mismo [12]. A su vez, la aparición de múltiples softwares que tomaban la metodología y proveían una solución customizable, y facilitaban la construcción del mapa estratégico junto a la actualización de los datos, permitieron dar un salto cualitativo en la adopción de la herramienta.

Para integrar la estrategia y las operaciones de manera exitosa y sostenida, los autores proponen un formato circular esquematizado en la Figura 2 que toma una forma similar al ciclo de Deming, pero en este caso se distinguen 6 etapas:



Figura 2 Sistema para integrar la planificación de la estrategia y la ejecución operacional [13].

El marco de este trabajo comienza en la etapa 6, la cual consiste en tomar datos operacionales internos y datos del entorno, para atravesar un nuevo ciclo integrado de planificación de la estrategia. La práctica recomienda realizar la prueba y adaptación al menos una vez al año, según cuál sea la dinámica y los tiempos de la industria [14].

1.3. La empresa

La empresa Pampa Energía es una empresa argentina que nace como tal en 2005, cuando el grupo Emes, que ya contaba con activos en el sector energético, adquiere la sociedad anónima Frigorífico Pampa SA como vehículo para acceder a la Bolsa de Comercio de Buenos Aires, y finalmente toma la razón social de Pampa Energía SA [15]. A partir del año 2009 comienza a cotizar en el NYSE [16]. La compañía cuenta con una importante integración en el sector energético, teniendo presencia directa e indirecta en distintos segmentos del mismo. En lo relativo a hidrocarburos y sus derivados, participa en el upstream, midstream y downstream. Cuenta también con presencia en el sector eléctrico dentro de lo que es distribución, transporte y generación, siendo en este último subsegmento en el cual se desarrolla el mapa estratégico y la readecuación del mismo.

1.3.1. La Visión

Ser una empresa protagonista en el sector de energía de Argentina, reconocida por su excelencia operativa, crecimiento continuo y compromiso con el país.

1.3.2. La Misión

Desarrollo continuo del capital humano, inversiones productivas en el país y máximos estándares de servicio con los más altos valores éticos que integran y logran un desempeño sustentable.

1.3.2. Los Valores

- Espíritu emprendedor: Se promueve el desarrollo y la creatividad.
- Integridad: La transparencia es la garantía de un crecimiento sano y sostenido.
- Excelencia: Se busca la mejora constante, para lograr resultados concretos que tengan impacto positivo en la sociedad.
- Trabajo en equipo: Pampa Energía es un equipo que busca superar los desafíos poniendo al máximo sus capacidades.
- Responsabilidad: Se alienta el respeto hacia la comunidad y el medio ambiente. Pampa Energía tiene un compromiso con el presente y con el futuro.

1.4. La Dirección de Producción e Ingeniería

Los 15 años transcurridos desde la creación de Pampa Energía fueron marcados por una amplia expansión, con adquisición de nuevas centrales y la inversión para la construcción y puesta en marcha de nuevos activos. Tras diversas modificaciones en su estructura organizacional, es recién a partir de junio de 2018 que todos los activos de generación eléctrica de Pampa Energía y empresas vinculadas quedan bajo la misma gestión centralizada de la denominada Dirección de Producción e Ingeniería.

En la misma convergen catorce plantas de distinta potencia, antigüedad, y tecnología, como hidroeléctricas, aerogeneradores, motores, turbinas de gas a ciclo abierto, ciclos combinados y equipos turbovapor. Ubicadas en 4 provincias y con presencia en 10 municipios distintos totalizan una capacidad instalada de 4844 MW, un 12% de la capacidad total a nivel nacional, y gracias a su despacho, convierten a Pampa Energía en el primer generador de energía eléctrica del país [17].

Tabla 1 Características de los activos de la dirección [18]

Planta	Provincia	Tipo	MW	Combustible	Año
Ensenada Barragán	Buenos Aires	Ciclo Abierto (cierre en construcción)	560 (+280)	Gas natural/gasoil	2012 (2022)
Loma la Lata	Neuquén	Ciclo Abierto+ Ciclo Combinado +Motores	730	Gas natural	1995 a 2020
HINISA	Mendoza	Hidroeléctrica	224	-	1957 a 1972
HIDISA	Mendoza	Hidroeléctrica	383	-	1982 a 1989
Central Piedra Buena	Buenos Aires	Turbovapor	620	Gas natural/fuel oil	1989 a 1991
Ing. Mario Cebreiro	Buenos Aires	Aerogeneradores	100	-	2018
Pampa Energía II	Buenos Aires	Aerogeneradores	50	-	2019
Pampa Energía III	Buenos Aires	Aerogeneradores	50	-	2019
Ing. White	Buenos Aires	Motores	100	Gas natural/fuel oil	2017
Güemes	Salta	Turbovapor+ Turbina de gas ciclo abierto	361	Gas natural	1983 a 2008
Pichi Picún Leufú	Neuquén	Hidroeléctrica	285	-	1999

Genelba	Buenos Aires	Ciclos combinados	1237	Gas natural	1999-2020
Piquirenda	Salta	Motores	30	Gas natural	2011
Parque Pilar	Buenos Aires	Motores	100	Gas natural/fuel oil	2017
EcoEnergía	Buenos Aires	Cogeneración-Turbovapor	14	-	2011

Dentro de este proceso de expansiones y adquisiciones, es importante remarcar que sólo durante el 2019 se incorporaron al parque generador 850 MW. Los mismos fueron resultado de la inauguración de los parques eólicos Pampa Energía II y Pampa Energía III, la puesta en servicio de GEBATG04 y la repotenciación de GEBATG03 (en el marco del cierre de ciclo de Genelba Plus), y por último, de la adquisición junto a YPF de la Central Térmica Ensenada Barragán [19].

La gestión de manera integrada de las centrales, alineada bajo una estrategia común representaba un gran desafío. Es por esto, que a partir de febrero de 2019 se comenzó a construir un mapa estratégico a través de la plataforma en la nube de Clearpoint Strategy y el soporte de Tantum Group Argentina para su implementación. Al finalizar el primer ciclo anual 2019 de construcción y adaptación de la metodología, se abrió como nuevo horizonte de planificación el año 2020, donde era necesario hacer un balance de lo logrado hasta el momento, replanificar la estrategia, y seguir afianzando la difusión y adopción del mapa. Este proceso debía ser transversal a la compañía, ser transparente y pensado en profundidad, sin perder en ningún momento su dinamismo.

2. PROCESO DE REPLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

Un problema general que presentan las empresas es la dificultad de lograr el aprendizaje organizacional, aprender de la experiencia pasada y actuar en consecuencia de manera centralizada y coordinada [20]. Contar con un cuadro de mando integral y un sistema de gestión integrada es un gran paso en ese sentido. Sin embargo, no es garantía de éxito si no se hace el ejercicio constante de reflexionar sobre lo sucedido y lo que vendrá. La organización debe ser capaz de lograr adaptarse y reaccionar al contexto, ajustando la estrategia y la operación [21]. En lo que respecta a la Dirección de Producción e Ingeniería, el proceso de replanificación estratégica comenzó a fines del 2019 y se extendió durante el 2020, atravesando distintas etapas.

2.1. Encuestas

El primer paso realizado fue el lanzamiento de encuestas estándares para los catorce activos y para las distintas áreas clave: Recursos Humanos, Sistemas, Control de Gestión, Compras y Abastecimiento, Responsabilidad Social Empresaria, Coordinación Operativa, Ingeniería y Obras, Legales, Comercial y por último, Calidad Seguridad Medio Ambiente y Salud. Estos formularios constaban de una breve introducción del proceso que se encaraba y de distintas subsecciones a completar acompañadas por un soporte metodológico, a modo de aclarar los conceptos y facilitar la carga.

La primera subsección incluía un balance sobre lo atravesado en la incorporación del cuadro de mando integral, a continuación se planteaban los desafíos en el mediano y largo plazo, y finalmente se dejaba un espacio en blanco para esbozar un Propósito a perseguir que estuviese alineado con la Visión, Misión y Valores de la compañía.

Las siguientes subsecciones constaban de un análisis FODA, una revisión de los objetivos, una revisión de los indicadores y por último un balance de las iniciativas del 2019 y un espacio para sugerencias de nuevas iniciativas hacia el 2020.

Una vez finalizadas, las encuestas se fueron procesando para las siguientes instancias. Entre los trabajos realizados, se generó un corpus con todas las respuestas, se removieron algunos números y “palabras de parada” y se realizó un proceso de lematización, para finalmente obtener una nube de palabras con los principales conceptos abordados. Este método resulta rápido de implementar con las tecnologías de procesamiento de lenguaje natural disponibles y constituyen una manera transparente y democrática de reflejar lo expuesto en las encuestas, dándole mayor genuinidad al proceso en su conjunto.

“Ser referentes del mercado argentino de generación por nuestro desempeño, prácticas sostenibles y el desarrollo de nuestro capital humano”

Para cerrar el primer taller, se trabajó directamente sobre la figura del mapa estratégico en tiempo real. Se detectaron dos necesidades principales: en primer lugar, suplementar ciertas partes del mapa logrando ser más balanceado y armónico, y en segundo lugar, profundizar la planificación estratégica en algunos puntos. Se realizó una discusión exhaustiva sobre los objetivos y la enunciación de los mismos, su organización en el mapa, e incluso se agregó un nuevo objetivo a nivel de perspectiva de procesos. En cuanto a indicadores, se agregó uno a nivel financiero, dos a nivel procesos y dos a nivel capital humano.

Previo al segundo taller, se hizo un segundo trabajo de sistematización enfocado en los formularios de iniciativas, de manera de relacionar las mismas con el nuevo esquema de objetivos e indicadores, y detectar faltantes. Se analizó también la conformación del nuevo porfolio desde un punto de vista de recursos asignados, solapamientos, ejecutabilidad, impacto y prioridad.

El segundo taller comenzó con una revisión de lo resuelto en el primer encuentro. A continuación, a cada objetivo se le asignó un gerente responsable, de manera de generar mayores intercambios horizontales con respecto a la estrategia, logrando así que los gerentes de planta no estuviesen únicamente involucrados con los activos a su cargo, y pudiesen difundir las mejores prácticas locales.

Finalmente los patrocinadores y líderes fueron presentando de a una las iniciativas y se hicieron algunos ajustes de acuerdo a tiempos, alcance y costos. Estos cambios fueron consolidados una vez finalizado el encuentro.

2.5 Readecuación del Mapa Estratégico

2.5.1. Incorporación de Datos Maestros.

Ante un entorno dinámico, es importante la capacidad de rápida modificación del mapa, su flexibilidad y garantizar la integridad de los datos en su conjunto. Para lograr dicho cometido se observó que un gran impedimento fue que durante el primer ciclo de implementación del mapa no se había construido una base de datos normalizada que le dé sustento.

A modo de un simple ejemplo, para entender la problemática, se vislumbraba que 2020 al ser un año bisiesto iba a contar con un día más que los tres años anteriores, por lo cual los indicadores que estaban ajustados según 365 días o su equivalente 8760 horas al año, comenzaban a ser inexactos y el problema se replicaba en decenas de fórmulas.

Para resolver esta situación se creó una importante cantidad de series denominadas de “datos maestros”, donde al día de hoy conviven series fuertemente relacionadas al negocio con otros registros más estándares como las horas de cada mes. Esta base está constituida por series con valores estáticos y otras series con valores dinámicos, ambas con un nivel de agrupamiento por mes, que es el nivel de agrupamiento mínimo con el que se trabaja en la plataforma de Clearpoint.

A su vez fue necesaria la reparametrización de todas las fórmulas según esta nueva fuente de datos, generando una mayor normalización del mapa en su conjunto y permitiendo lograr ciertos beneficios:

- Consistencia de los datos
- Rápido recálculo y cascadeo ante algún cambio interno o externo
- Mayor exactitud en los cálculos
- Reducción de redundancias
- Simplificación de fórmulas ante el apoyo de series auxiliares
- Mayor interpretabilidad y transparencia del fundamento de los cálculos
- Encapsulamiento del error, evitando su propagación
- Reducción de tiempos para la creación de nuevos indicadores
- Mayor ductibilidad como interfaz de carga

Estos cambios aunque parezcan alejados de la estrategia, fueron basales para lograr una rápida readaptación del mapa estratégico, dieron mayor confianza, potenciaron la herramienta y ahorraron centenares de horas de trabajo que permitieron una mayor dedicación del personal a tareas de análisis y de mayor valor agregado en general.

2.5.2. Implementación de cambios

Una vez consensuados los cambios, fue primordial asegurar su rápido impacto en el mapa estratégico y no entorpecer o comprometer el uso de una herramienta tan primordial. Por este motivo, el primer paso a seguir fue realizar dos back-up del mapa con los datos del 2019: uno estático denominado “Snapshot”, una captura a la cual no se le podía realizar modificaciones; y un back-up dinámico, el cual consistía en una duplicación del mapa con acceso restringido.

Una vez garantizada la seguridad de los datos y sus interacciones, se decidió avanzar velozmente con las modificaciones. Para ello, se optó por trabajar con metodologías ágiles, se implementó un tablero Kan-Ban, se generó un backlog de tareas a las cuales se les fue diferenciando por su lugar de impacto con un sistema de colores y se les asignó criticidad. La metodología incluyó algunas

tareas preasignadas, pero la mayoría no tenían un responsable sino que el personal de la oficina de gestión estratégica se las autoasignaba del backlog en el momento que mejor se acomodaba a su agenda. Toda la información era visible para todos y el estatus era actualizado en tiempo real, de esta manera se evitaba la superposición de trabajos o el olvido de alguna modificación.

La forma de trabajo autogestiva resultó exitosa y en el transcurso de dos semanas se habían implementado los cambios.

2.6. Irrupción de la Pandemia

Existen múltiples factores que pueden alterar el contexto en el que se mueve una organización, y sin duda el surgimiento del COVID-19 ha sido uno importante con implicancias a nivel global.

El 12 de diciembre de 2019 la comisión Municipal de Salud de Wuhan dio a conocer el surgimiento del COVID-19 en China. Mientras el avance de la epidemia crecía, en Latinoamérica no se reportaron casos hasta el 26 de febrero, día en que se registró el primer caso en Brasil. Fue recién el 3 de marzo que se reportó el primer caso en Argentina y el 7 de marzo falleció la primera persona en la región, en la Ciudad de Buenos Aires [24]. Para el 11 de marzo la Organización Mundial de la Salud declaró la pandemia [25] y el 18 de marzo ya se habían superado los 100 casos confirmados en el país. Es en este marco que el 20 de marzo se dio inicio a la cuarentena en el país [26].

2.6.1. Los impactos en la organización

En la reunión de análisis estratégico (RAE) de la Dirección de febrero se convocó al jefe de Salud Ocupacional para analizar la naturaleza del virus y las posibles implicaciones que podría llegar a tener en la organización, y se presentó el comité de COVID-19 transversal a la empresa.

A partir de ese momento se realizó una innumerable cantidad de acciones para preservar la salud de los empleados y amoldarse al nuevo contexto, entre las que se destacaron la readecuación de edificios y sistemas, implementación del trabajo remoto, generación de nuevos protocolos, aplicación de autodiagnóstico, constitución de grupo de infectólogos, distribución de elementos de protección personal, campañas de comunicación, programa de asistencia al empleado, entre otras. Muchas de estas acciones se encontraban dentro del marco de iniciativas existentes y otras se hicieron por fuera de las mismas como necesidad de responder rápidamente ante la nueva amenaza.

La situación también afectó fuertemente al mercado eléctrico como se puede ver en la Figura 4. Tras un marzo de alto consumo respecto a la media (en parte asociado a altas temperaturas), con el comienzo de la cuarentena cae fuertemente el consumo industrial y comercial, pero ese efecto se ve contrarrestado por el incremento del consumo residencial. Esta superposición de efectos da lugar a una caída en los meses de abril y mayo, pero a partir de junio se comienza a ver una tendencia positiva y recuperación de la demanda influenciada por la reapertura económica, la mejor situación de las provincias del interior del país con respecto al AMBA y también levemente afectada por un invierno más frío que años anteriores.

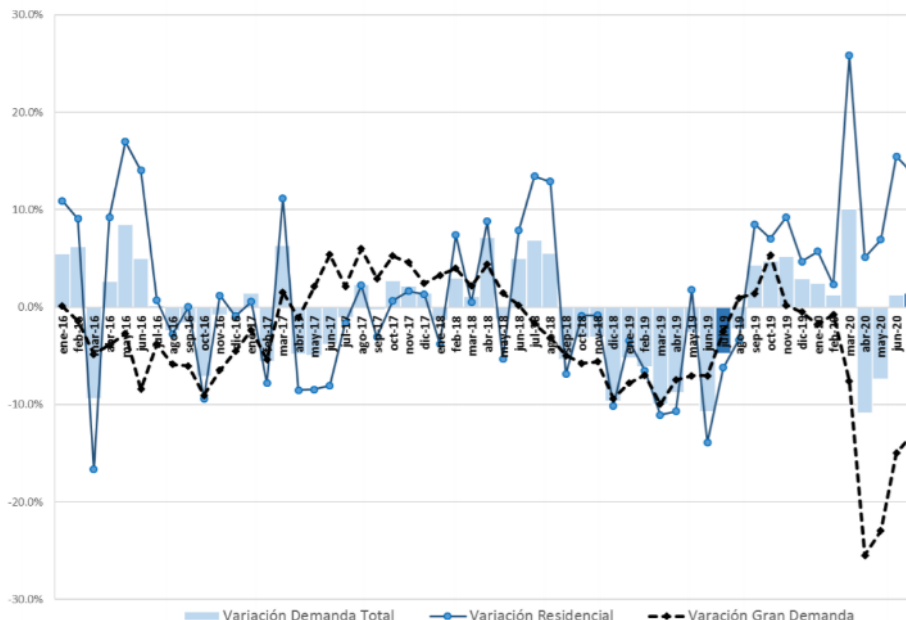


Figura 4 Demanda por tipo de consumo – variación, CAMMESA [27].

La recuperación de la Gran Demanda en forma de V es auspiciosa, pero el cambio de contexto junto a un cambio en las remuneraciones hacía necesario reajustar muchos de las metas del cuadro de mando integral.

En ese sentido, se reajustaron los valores de CAPEX y OPEX, presupuestos de energía generada e ingresos, fue necesario reformular algunos cálculos asociados a remuneraciones. Para ello, la plataforma permitía rápidamente realizar los cambios, con la simple actualización de las series mencionadas, ya que su semaforización se realizaba en términos proporcionales y no absolutos.

Solo en algunos pocos casos fue necesario el agregado de algunas series en Datos Maestros e incorporación de fórmulas condicionales.

Por otro lado, el negocio se vio afectado por el retraso de algunos suministros, la dificultad de circulación de proveedores por las provincias y la imposibilidad de encuentros presenciales; esto llevó a reajustar cronogramas de algunas iniciativas, replanificar capacitaciones presenciales, reprogramar mantenimientos y tras un esfuerzo colectivo de los responsables con seguimiento de administradores y facilitadores, se logró obtener un mapa estratégico que reflejase valores reales y útiles a la estrategia.

La aplicación de protocolos de manera estricta constituye uno de los pilares fundamentales que permiten una ejecución operativa exitosa, esto se observa en la inauguración de grandes obras como la GEBATV02 de 193 MW en un contexto de crecimiento de contagios a nivel país.

Sin embargo, uno de los factores más importantes para sobrellevar la pandemia fue la incorporación de la plataforma de Microsoft Teams, impulsada por el área de sistemas y promovida a lo largo del proceso de replanificación estratégica como un vehículo para lograr mayor agilidad, difusión de la información, interacción y trabajo colaborativo entre plantas [28].

Estos aspectos tenían implicancia tanto en la perspectiva de capital humano como en la de proceso, pero su impacto e importancia habían sido dimensionados en un contexto pre-COVID-19. Ya comenzada la pandemia demostró ser uno de los mayores aciertos y su impacto y adopción fue mucho mejor de lo imaginado, permitiendo continuar con la actividad y garantizando la comunicación, pero incluso con resultados en la ejecución superiores a la prepandemia. Entre ellos se puede destacar el surgimiento de comunidades virtuales asociadas a iniciativas e indicadores que facilitaron su seguimiento y mejora.

2.7. La alineación

La alineación de la organización con la estrategia es fundamental para el cumplimiento de la misma, el hecho de que la readecuación del mapa estratégico a nivel dirección se replique en cada uno de los activos es una garantía de coherencia. No obstante, para reforzar el alineamiento, se tomaron los objetivos estratégicos del mapa con su correspondiente nomenclatura y se replicaron en el esquema de objetivos para las gratificaciones extraordinarias del personal, velando por que el cascadeo de la estrategia en toda la organización fuese efectivo y no contradictorio.

Por último, para garantizar la alineación es importante no perder de vista la comunicación efectiva.

2.8. La comunicación

Una de las responsabilidades del área de gestión estratégica es la de comunicar, y justamente la comunicación resulta un factor para alinear a la organización y lograr una ejecución operacional articulada con la estrategia. Este factor toma aún más relevancia en un contexto de cambios como el planteado por la readecuación del mapa.

Con los resultados de las entrevistas y talleres se compartieron dos presentaciones puntuales resumiendo lo trabajado. Sin embargo, se fueron creando y formalizando metodologías más sistemáticas de comunicación.

Se destaca la creación del newsletter o gaceta de información sobre la reunión RAE, donde se hace en un formato amigable una extensa minuta de reunión en la cual se comparten los principales temas discutidos, el estatus del mapa y su principal canal de difusión es la intranet corporativa.

A su vez, todo el personal de la compañía cuenta con celulares corporativos, por lo cual se utiliza una app de celular como canal de comunicación unidireccional para difusiones. A través de este medio se comenzaron a compartir breves comunicados con imágenes de las reuniones estratégicas realizadas, también se incorporó la difusión del newsletter por este medio y de informes con indicadores.

Como práctica habitual, el director presenta el estatus del mapa estratégico dentro de las áreas jerárquicas de la compañía y recorre los diferentes activos, difundiendo y a la vez comprometiendo al personal con el uso de la metodología.

No es menor que la plataforma de Clearpoint constituya una herramienta de comunicación en sí misma donde existen usuarios visualizadores ilimitados que pueden acceder a informarse. Por otro lado, permite el envío de reportes y notificaciones que constituyen un método más de comunicación que resulta práctico por su agilidad y posibilidad de automatización.

3. CONCLUSIONES.

Se pudo realizar con éxito un nuevo ciclo integrado de planificación y sortear los problemas presentados por el COVID-19. Queda por repetir el proceso de replanificación estratégica para el nuevo horizonte del 2021 tomando lo trabajado en los talleres de fines de 2019 como base y poder medir qué logros se obtuvieron, en qué aspectos se erró, qué cosas no se pudieron concretar o es necesario refinar. Con el único desafío que no se podrán realizar en esta próxima instancia las reuniones presenciales, por lo que habrá que diseñar nuevos esquemas desde la virtualidad.

El salto cualitativo en la adopción de la herramienta de cuadro de mando integral ha resultado muy positivo, no obstante es importante seguir velando por su adopción y garantizar el compromiso con la misma en todos los niveles de la organización.

4. REFERENCIAS.

- [1] Fuertes, Guillermo ; Alfaro, Miguel ; Vargas, Manuel ; Gutierrez, Sebastian ; Terner, Rodrigo ; Sabattin, Jorge; Dincer, Kevser. (2020) *Conceptual Framework for the Strategic Management: A Literature Review—Descriptive*. *Hindawi Journal of Engineering*, Vol. 2020, 1, págs. 1-21. El Cairo.
- [2] Bester, Ian. (2010) *A systematic literature review of the strategic management theories of Henry Mintzberg and Peter Drucker*. Stellenbosch University Publications. Stellenbosch, Sudáfrica.
- [3] Krause, Donald. (2010). *El Arte de la Guerra para Ejecutivos*. Madrid. Primera. Edaf. Madrid.
- [4] Mintzberg, Henry, Ahlstrand, Bruce y Lampel, Joseph. (1998). *Strategy Safari*. New York. Segunda. FT Prentice Hall. Harlow.
- [5] Hoskisson, Robert E ; Hitt, Michael A ; Wan, William P ; Yiu, Daphne. (1999). *Theory and research in strategic management: swings of a pendulum*. *Journal of Management*, Vol. 25, 3, págs. 417-456.
- [6] Chandler, Alfred. (1962). *Strategy and Structure: Chapters in the History of the Industrial Enterprise*. Cambridge. Primera. MIT Press. London.
- [7] Selznick, Philip. (1957). *Leadership in Administration: A Sociological Interpretation*. Peterson. Primera. Evanston.
- [8] GÜREL, Emet y Tat, Merba. (2017). *SWOT Analysis: a Theoretical Review*. *The Journal of International Social Research*, Vol. 10, 51, págs. 1-13.
- [9] Kaplan, Robert y Norton, David. (1992). *The Balanced Scorecard – Measures That Drive Performance*. *Harvard Business Review*, Vol. 70, 1, págs. 71.
- [10] Coe, Nicholas y Letza, Steve. (2014) *Two decades of the balanced scorecard: A review of developments*. *Poznań University of Economics Review*, Vol. 14, 1, págs. 63. Poznan.
- [11] Kaplan, Robert y Norton, David. (2009). *El Cuadro de Mando Integral*. Planeta. Barcelona.
- [12] Kaplan, Robert y David, Norton. (2020). *Having Trouble with Your Strategy? Then Map It*. *Harvard Business Review*, Vol. 78, 5. United States.
- [13] Kaplan, Robert y Norton, David. (2008) *Sistema de Gestión de 6 etapas para integrar la planeación de la estrategia y la ejecución operacional*. *Harvard Business Review - Tantum*.
- [14] Kaplan, Robert y Norton, David. (2008). *The Execution Premium*. Barcelona. Segunda. Planeta Venezolana. Caracas.
- [15] Pampa Energía. (2020). [En línea] <https://www.pampaenergia.com/nosotros/#nuestra-historia>.
- [16] EnerNews. (2009) *Pampa Energía Comenzó a Cotizar en Nueva York*. [<http://enernews.com/nota/215881/pampa-energia-comenzo-a-cotizar-en-nueva-york>] Buenos Aires.
- [17] El Economista (2020) *Inauguración eléctrica clave de Pampa Energía*. [En línea] . <https://eleconomista.com.ar/2020-06-inauguracion-electrica-clave-de-pampa-energia/>. Buenos Aires.
- [18] Pampa Energía. (2020). *Relación con Inversores*. [En línea] <https://ri.pampaenergia.com/nuestros-activos/electricidad/generacion/resumen/>.
- [19] Pampa Energía (2020). *Memoria y Estados Financieros 2019*. Buenos Aires.
- [20] Martínez, Javier. (2010) *¿Pueden las organizaciones aprender? Catenaria- Gestión del Conocimiento*. Vol. 2010, 56, págs. 1. Santiago de Chile.
- [21] Coutinho, André y Bonassi, Saulo. (2013). *El Activista de la Estrategia*. Buenos Aires. Primera. Temas. Buenos Aires.
- [22] Brown, Tim y Katz, Barry. (2011). *Change by Design*. HarperCollins *The Journal of product innovation management*. Vol. 28, 3. Malden.
- [23] Eppler, Martin y Platts, Ken. (2009). *Visual Strategizing: The Systematic Use of Visualization in the Strategic-Planning Process*. *Long Range Planning*, Vol. 42, 1, págs. 42-74.
- [24] Rodríguez-Morales, Alfonso J, Sánchez-Duque, Jorge A, Hernández Botero, Sebastian, Pérez-Díaz, Carlos E, Villamil-Gómez, Wilmer E, Méndez, Claudio A, Verbanaz, Sergio, Cimerman, Sergio, Rodríguez-Enciso, Hernan D, Escalera-Antezana, Juan Pablo, Balbin-Ram. (2020). *Coronavirus: qué tan rápidamente se expande el covid-19 por América Latina (y cómo se compara con otras regiones del mundo)*. *Acta médica Peru*, Vol. 37, 1, págs. 3-7. Lima.
- [25] Organización Mundial de la Salud. (2020) *Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020*. Ginebra.
- [26] Ministerio de Salud Argentina (2020) *Situación de Covid-19 en Argentina. Reporte diario nro 15, 2020, Informe diario*. Buenos Aires.
- [27] CAMMESA-Gerencia de Análisis y Control Global. (2020). *Demanda Distribuidores y GUMA-GUME Julio 2020*. Buenos Aires.

[28] Schoeller, Art; Hong , Daniel; Sjoblom,Sara; Harrison,Peter. (2019) *The Forrester Wave™: Unified-Communications-As-A-Service (UCaaS) Providers. Forrester, Vol. Q3 2019.* New York.

Capacitación focalizada en productores del cinturón frutihortícola del partido de General Pueyrredon.

Onaine, Adolfo E.*; Boloquy, Ignacio D.*; Berardi, María Betina*; Artigas, María Velia*

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Av. Juan B. Justo 4302, (7600), Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.
aeonaine@fi.mdp.edu.ar, iboloquy@fi.mdp.edu.ar, bberardi@fi.mdp.edu.ar,
mvariantigas@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN

Este trabajo pretende socializar los avances respecto a una intervención desde la ingeniería industrial focalizada en los productores del cinturón frutihortícola del Partido de General Pueyrredon. Sus demandas y necesidades se toman como insumo para diseñar las capacitaciones en terreno. Estas acciones están sustentadas por una mirada sobre "la agricultura familiar" declarada de interés público por la Ley 27.118/2015 que promueve "las condiciones para el desarrollo rural integral y sustentable, a fin de generar empleo y garantizar el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional", con servicios de capacitación y asistencia técnica, entre otros. Además, se definen como una prioridad de las políticas públicas la investigación productiva para el desarrollo de la agricultura familiar y sus productos diversificados a través del Sistema Nacional de Ciencia y Técnica "que abarquen aspectos socioculturales, productivos y organizativos para fortalecerla". Se espera con esta intervención, en un campo de aplicación determinado, poder establecer cómo las nuevas generaciones podrían insertarse en las actividades facilitando su continuidad y evitando el desarraigo. Los contenidos contemplarán el conocimiento de las características de las generaciones coexistentes, las necesidades de administrar y mejorar los establecimientos productivos y el desarrollo de su actividad. Por último, se espera poder dar respuestas a las necesidades detectadas por el sector.

Palabras Claves: Frutihortícola, Capacitación, Ingeniería Industrial, Desarrollo local.

ABSTRACT:

This paper aims to socialize the advances regarding an intervention from industrial engineering focused on the producers of the fruit and vegetable belt of the General Pueyrredon District. Their demands and needs are taken as input to design training in the field. These actions are supported by a look at "family agriculture" declared of public interest by Law 27.118/2015 that promotes "the conditions for comprehensive and sustainable rural development, in order to generate employment and guarantee well-being and their participation and incorporation in national development", with training services and technical assistance, among others. In addition, productive research for the development of family farming and its diversified products through the National Science and Technology System "that encompass sociocultural, productive and organizational aspects to strengthen it" is defined as a priority of public policies. It is expected with this intervention, in a specific field of application, to be able to establish how the new generations could be inserted in the activities, facilitating their continuity and avoiding uprooting. The contents will contemplate the knowledge of the characteristics of the coexisting generations, the needs to manage and improve the productive establishments and the development of their activity. Finally, it is expected to be able to respond to the needs detected by the sector.

Keywords: Fruit and vegetable, Training, Industrial Engineering, Local development.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende socializar los avances respecto a una intervención desde la ingeniería industrial focalizada en los productores del cinturón frutihortícola del Partido de General Pueyrredon. El aporte desde la ingeniería industrial se plantea con objeto de consolidar la producción frutihortícola agroecológica y sustentable haciendo uso de la capacitación como una herramienta que posibilite el crecimiento de la actividad, el fortalecimiento de las familias productoras y desaliente el desarraigo de las nuevas generaciones intervinientes en el emprendimiento familiar.

La capacitación es fundamental a todos los niveles, dado que existe un alto grado de desconocimiento, incluso hasta del consumidor en cuanto a qué es una fruta u hortaliza de calidad. Partiendo de esta base, es difícil que el mismo consumidor pueda traccionar hacia arriba en la cadena exigiendo calidad y que de esta manera, desde el productor en adelante, exista una preocupación real por producir y mantener mercadería de calidad para que llegue al consumidor en el estado que él lo exige [1].

En adultos se dice que se debe crear curiosidad e involucramiento en un lenguaje acorde al auditorio. Si estas variables no se atienden podría vivirse como algo impuesto, un conocimiento ajeno, que no le da valor a su trabajo y, por ende, inaplicable. En ello radicaría entonces, posibles causas de rechazos o falta de interés en el público a capacitar en organizaciones.

Sus demandas y necesidades se toman como insumo para diseñar las capacitaciones en terreno, partiendo de la base que varios productores trabajan con la norma GLOBALG.A.P. aunque los costos no le permiten certificarla. Esta norma es líder de Buenas Prácticas Agrícolas a nivel internacional, logrando que los requerimientos del consumidor se vean reflejados. Sus objetivos son “reducir los riesgos, asegurando la calidad e inocuidad de los alimentos en la producción primaria, enfocado además a la implementación de las mejores prácticas para asegurar una producción sustentable” [1]

2. MARCO TEÓRICO

La agricultura familiar declarada de interés pública por la Ley 27.118/2015 promueve “*las condiciones para el desarrollo rural integral y sustentable, a fin de generar empleo y garantizar el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional fomentando la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra*”, con servicios de capacitación y asistencia técnica, entre otros. Fomenta acciones en temáticas tales como: Desarrollo tecnológico, asistencia técnica e investigación; Procesos productivos y de comercialización; y Educación, formación y capacitación, para planear y organizar el desarrollo rural y la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización. Así también, la promoción de marcas comerciales y denominaciones de origen y otros mecanismos de certificación, como estrategia de valorización de los productos de la agricultura familiar. Define como una prioridad de las políticas públicas la investigación productiva para el desarrollo de la agricultura familiar y sus productos diversificados a través del Sistema Nacional de Ciencia y Técnica “*que abarquen aspectos socioculturales, productivos y organizativos para fortalecerla*” [2].

Para los productos es importante tener en cuenta la calidad. En la producción de especies hortícolas agroecológicas, se utilizan variedades y no híbridos ni organismos genéticamente modificados. Las variedades son más resistentes a enfermedades e insectos plaga, como también son más fuertes ante adversidades climáticas. A modo de ejemplo, una planta de acelga suele tener algunos orificios ocasionados por los caracoles, pero sigue presentando buen porte y un daño admisible que permite su consumo. La presencia de estos indicios indica que no se aplicaron productos de síntesis química. Las especies suelen ser poco o nada uniformes a diferencia de un híbrido que es más uniforme, sin embargo, este último es menos resistente a adversidades necesitando la aplicación de algún producto externo para poder desarrollar el cultivo. Para el caso de huevos (u otros productos de granja) se incorpora el concepto de producción agroecológica brindando espacios más amplios, posibilidad de pastoreo, suplementación con productos naturales y el respeto de sus tiempos y ciclos normales de vida [1, 3].

En los últimos años, la globalización ha impuesto que el consumidor establezca los requerimientos de calidad de los productos no sólo por los hábitos de consumo sino por las modificaciones de las normas ISO 9001 que incorporan el concepto de calidad enfocada al cliente lo cual se ha convertido en un elemento esencial para la supervivencia de toda organización [4].

Para hablar de aprendizaje en adultos y formación laboral, hay ciertos autores que establecen algunas consideraciones importantes. Al respecto, Cole, citado en [5], establece que el aprendizaje depende de factores internos (capacidades intelectuales, salud, experiencias personales) y externos (habilidades del capacitador, método, participación en los resultados, contexto). Así también Gore [6], señala que la capacidad de aprender debe ser la única ventaja competitiva. Por lo tanto, en organizaciones, se debe considerar la idea de una formación estratégica que esté enmarcada y contextualizada en dirección a la meta a alcanzar. Blake [7] también hace referencia a que la capacitación debe ser vista como una oportunidad para el desarrollo personal, estableciendo que tiene un valor como una actividad transformadora.

Por lo antes mencionado, al proyectar programas de formación organizacionales en adultos que trabajan, se deberán evaluar posibles prácticas, y su implementación de utilidad directa.

Por otra parte, si bien las denominaciones entre autores pueden diferir, hay acuerdos denominativos para definir a una capacitación dentro del ámbito laboral o a un curso (presencial o a distancia). Ambas opciones contemplan una serie de actividades estructuradas, con un formato de clases donde se transmiten habilidades y conocimientos de modo organizado y planificado incluyendo instancias evaluables. Generalmente, con un instructor y una recomendación de que se incluyan prácticas, dado que se torna más eficaz cuando la persona pone el conocimiento en acción.

Otra de las cuestiones a tener en cuenta es que se debe generar el interés en el capacitado. En adultos se dice que se debe crear curiosidad e involucramiento en un lenguaje acorde al auditorio. Si estas variables no se atienden podría vivirse como algo impuesto, un conocimiento ajeno, que no le da valor a su trabajo y, por ende, inaplicable. En ello radicaría entonces, posibles causas de rechazos o falta de interés en el público a capacitar en organizaciones.

Con respecto al concepto de entrevista hace referencia a la comunicación que se constituye entre el investigador y el entrevistado, pudiendo ser “el entrevistado” una sola persona o un conjunto. Proveen una producción discursiva que involucran aspectos comunes y otros diferenciadores, posibilitando ahondar en la temática abordada. Durante el desarrollo de este tipo de técnica, lo más importante es lograr un buen clima de trabajo y afinidad entre el entrevistador y entrevistado, que permita al segundo poder expresarse libremente y al primero poder captar la esencia del discurso de los participantes de estudio. Es necesario tener en cuenta en este punto la importancia fundamental que implica la reflexividad considerando los sesgos, valores, formación y experiencias de todos los participantes del proceso de investigación en el contexto de la situación analizada [8].

3. DESARROLLO

Como se mencionó la capacitación se centrará en las necesidades de los productores pertenecientes al cinturón frutihortícola del Partido de General Pueyrredon (PGP) tomando como punto de partida los miembros de la Asociación Frutihortícola de Productores y Afines (AFHOPA). Los contenidos elaborados de forma modular contemplan el conocimiento de las características de las generaciones coexistentes, las necesidades de planificar, programar, controlar y mejorar los establecimientos productivos y el desarrollo de su actividad con la incorporación de valor a su producción.

De los resultados de las entrevistas se definen distintos talleres para abordar las diferentes temáticas en función de los intereses y destrezas particulares de los participantes. Se planificará para poder incorporar actitudes y habilidades al aprendizaje. Los contenidos no sólo serán informativos, sino que a través de métodos participativos el capacitador brindará los conocimientos mediante un papel profesional facilitador y no de experto.

Dichas capacitaciones se integran a un plan de acción más amplio en el que participan actores de la planta docente de Ingeniería en Alimentos, Ciencias Agrarias, Ciencias Exactas y Naturales, del Departamento de Bromatología del Municipio de General Pueyrredon (MGP) y del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Están vinculadas con las actividades de elaboración, comercialización y distribución de alimentos, tomando como base, material bibliográfico emitido por el Ministerio de Salud de la Nación, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y generados en trabajos de centros de investigación y normativas de organismos nacionales, provinciales y municipales.

Se desarrolla material didáctico para la difusión de estos conocimientos que se transmitirán mediante talleres en los cuales se intercalen conceptos teóricos con prácticas para que los contenidos puedan ser consolidados. Lo que se debe buscar es que el asistente a la capacitación encuentre la misma sumamente fructuosa y de rápida aplicación, de modo de no perder su interés. La transposición de los conocimientos se adapta, utilizando un lenguaje sencillo y ejemplos prácticos conocidos.

Las temáticas de los talleres que se plantean responden a:

1. **Las nuevas generaciones.** Para entender el impacto que tiene analizar las diferencias generacionales en la dinámica de los grupos económicos ya sean familiares o no, hay que comenzar por definir las competencias, las mismas presuponen conocimientos, operaciones mentales, capacidades para usar diversas habilidades y empleo de actitudes adecuadas a la realización de tareas. Por lo cual, desde este paradigma conocer cuáles son los perfiles de comportamientos según las características generacionales podrían brindar elementos para entender y anticipar el comportamiento a los miembros de las organizaciones en el entramado social estudiado. Su comprensión incluye una caracterización de cada generación: Tradicionalista, Baby Boomer, generación X, generación Y o Millennials, generación Z o Centennials, y Alfa [9,10].
2. **La necesidad del orden para encontrar lo que uno necesita y busca.** Las 5 S es una metodología que brinda la oportunidad de mejorar la productividad, la calidad, la proactividad y la sinergia. Es la metodología idónea para iniciar el camino de la Mejora Continua. La cultura

de la Mejora Continua consiste en aplicar a diario, tanto en la responsabilidad individual como colectiva, pequeñas mejoras para hacer de los puestos de trabajo limpios, seguros y productivos [11]. La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. Esta metodología, de origen japonés, se denomina de tal manera por la inicial de cada una de sus etapas: Seiri (Clasificación u Organización); Seiton (Orden); Seiso (Limpieza); Seiketsu (Estandarización); Shitsuke (Disciplina).

3. **La necesidad de planificar, llevar registros y usar lo que primero se vence.** En función de las necesidades detectadas se explica el uso del Diagrama de Gantt para planificar los períodos de siembra y cosecha por producto, y planillas para llevar registros. Se plantea organizar el stock y ordenar cada insumo por fecha de vencimiento. En el caso de contar el productor con recursos informáticos se trabaja sobre una planilla de cálculo para ir reemplazando el cuaderno de campo.
4. **Almacenamiento de herramientas, productos e insumos.** Se describen los distintos tipos de instalaciones que se pueden encontrar en un establecimiento agrario dependiendo de la actividad que se desarrolla, como ser: instalaciones de almacenaje, de procesado, complementarias y de desarrollo. Los diferentes equipos y elementos para el desarrollo de la producción, embalaje y transporte.
5. **La necesidad de trabajar en un ambiente seguro.** A pesar que el establecimiento debe contar con un asesor en Seguridad e Higiene, se considera conveniente reforzar en materia de: en primera instancia sobre la utilización de elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de la actividad. Se incluyen aquellos para la manipulación de agroquímicos a pesar de incentivar su reemplazo por agentes biológicos. En segunda instancia, la teoría del fuego, el triángulo y tetraedro de fuego, las clases y tipos de fuego, los agentes extintores y los distintos elementos para la protección contra incendios en establecimientos rurales. Este taller se complementa con la participación de otras especialidades.
6. **Selección de proveedores.** Se abordan los aspectos a tener en cuenta para la evaluación y selección de los proveedores, destacando su importancia para la gestión de la organización. Seleccionar proveedores que compartan principios afines a los productores permite una colaboración fluida y genera beneficios mutuos. Para realizar una acertada selección de proveedores es necesario establecer criterios (tales como experiencia, calidad, precio, facilidades de pago, servicio post venta entre otros) que ayuden en la toma de la mejor decisión. Se propone la utilización de matrices de ponderación de criterios de selección y evaluación.
7. **Conceptos básicos de costos.** Para producir bienes es necesario gastar; esto significa generar un costo. Estos costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y deberían eliminarse los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente, sino que implica la necesidad de conocer los costos de producir, administrar, financiar y comercializar el producto. Se abordan conceptos de registro de costos; clasificación (fijos y variables); amortización y punto de equilibrio.
8. **Conceptos básicos de calidad.** Se abordan los conceptos de la calidad y su importancia; una descripción de las principales normas de calidad y su aporte a la competitividad de la empresa. Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015; Manejo Integrado de Plagas (MIP); Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) a nivel de la producción - norma GLOBALG.A.P.; Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM); Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización (POES) a nivel de las instalaciones procesadoras; y el Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos (HACCP). Este taller también se complementa con la participación de otras especialidades.

4. CONCLUSIONES.

Estos talleres se realizarán en ámbitos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata o de la AFHOPA cuando la situación del aislamiento social, preventivo y obligatorio (ASPO) lo permita.

Con estas acciones, sustentadas por una mirada sobre "la agricultura familiar", se espera poder dar respuestas a las necesidades detectadas en el sector frutihortícola.

En definitiva, suministrar las herramientas que les permita a los productores gestionar, desarrollar y mejorar sus establecimientos productivos. Incentivar la incorporación de valor a su producción y facilitar su continuidad con la incorporación de las nuevas generaciones para evitar su desarraigo.

5. REFERENCIAS.

[1] Onaine, Adolfo E. (2019). "Evaluación del Partido de General Pueyrredon para la producción de alimentos slow". Tesis doctoral. FI-UNLZ. Lomas de Zamora: Repositorio Institucional FI-UNLZ.

- [2] Honorable Congreso de la Nación Argentina (2015). "Ley 27.118/2015: Agricultura Familiar, Campesina e Indígena". Fecha de sanción 17-12-2014. Publicada en el Boletín Nacional del 28-Ene-2015.
- [3] Santander Spataro, Mario J.; Enev, Lucas; Garcia, Silvina E.; Ahumada, Nancy F. (2013). *Manual de procedimientos slow*. (E. S. Gastronomía, Ed.). EUDEM. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [4] Ferratto, Jorge (editor) (2006). *El Sector Frutihortícola Regional, aspectos que contribuyen a su desarrollo*. Publicación de la Secretaría de Extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR. Rosario, Santa Fé, Argentina.
- [5] Alles, Martha Alicia (2015). *Dirección Estratégica de Recursos Humanos*. Nueva Edición. Granica. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Gore, Ernesto (1996). *La educación en la empresa*. Buenos Aires: Granica.
- [7] Blake, Oscar et al. (1999) *¿Qué hago con la gente? Cómo se generan y cómo se detectan las necesidades de capacitación*. Editorial Tesis. Buenos Aires, Argentina.
- [8] Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar (2010). *Metodología de la Investigación*. México. 5ª edición. McGRAW-HILL. México.
- [9] Días, B. Caro, P. & Gauna, E. (2016). *Cambio en las estrategias de enseñanza-aprendizaje para la nueva Generación Z o de los "nativos digitales"*. Recuperado 1/7/2018 de <https://goo.gl/HiH5o6>
- [10] Lara, Isabel y Ortega, Iñaki (2017) Los consumidores de la Generación Z impulsan la transformación digital de las empresas. *REVISTA DE ESTUDIOS DE JUVENTUD*, N°1, 14 de diciembre 2016: Los auténticos nativos digitales: ¿estamos preparados para la Generación Z?
- [11] Aldavert, Jaume; Vidal, Eduard; Lorente, Jordi J.; Aldavert, Xavier (2017). *5S para la mejora continua: La base del Lean*. España 3ª edición. ALDA TALENT. S.L. España.

Comunicaciones organizacionales en tiempo de crisis

Brottier, Lucia Inés*; Nallim Carlos Andrés

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo
Parque General San Martín S/n. Capital. Mendoza
lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo resume la investigación realizada por los alumnos de la cátedra Gestión de las Personas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo con respecto a cambios en las organizaciones en la crisis generada por el Aislamiento Social y Obligatorio a causa de la pandemia COVID en el primer cuatrimestre 2020.

Se consideran los resultados obtenidos y algunas conclusiones de los alumnos en cuanto a su aprendizaje en relación al tema abordado íntegramente en forma virtual.

Se recurrió principalmente como preguntas de investigación de este proyecto a artículos publicados en diferentes medios de nuestro país y a las comunicaciones generadas desde bancos, supermercados, farmacias, otras organizaciones y la misma Universidad Nacional de Cuyo.

La situación de la pandemia COVID 19 requirió adecuar abruptamente la forma de comunicarse en las organizaciones además de modificar las formas de trabajo. La comunicación es la herramienta fundamental para diferentes funciones como la conducción de personal, la motivación, el trabajo en equipo, la resolución de conflictos y el fortalecimiento de la cultura organizacional a través de la unidad, compromiso y coherencia. Y además mantener las relaciones con proveedores, clientes, usuarios también se transformó en un desafío su bien muchas de las organizaciones ya tenían desarrollados mecanismos de comunicación a través de plataformas, páginas webs y otros.

Al estar sumergidos en la situación de Aislamiento tanto alumnos como los encuestados se ha llegado a comprender mejor las percepciones de los trabajadores ya que los estudiantes se encuentran en condiciones similares para realizar sus estudios.

Las conclusiones identifican la importancia de la comunicación, la necesidad de contar con relaciones previas con las partes interesadas, los cambios instrumentados en la operación diaria por las organizaciones y concluyen indagando sobre aspectos solidarios de las mismas.

Palabras Clave: Comunicaciones – Organizaciones – Crisis - Cambios

ABSTRACT

This work summarizes the research carried out by the students of the People Management chair (Facultad de Ingeniería - UN de Cuyo) about *changes in organizations to manage the crisis generated by Social and Obligatory Isolation* due to the COVID pandemic during the first semester 2020.

The results obtained and some students conclusions regarding their learning are considered in relation to the topic addressed entirely in virtual form.

Articles published in different media in our country and communications generated from banks, supermarkets, pharmacies, other organizations and the UNCuyo itself were used as research questions for this project.

The situation of the COVID 19 pandemic changed abruptly the way of companies communicating in addition to modify the ways of working. Communication is the fundamental tool for different functions such as personnel management, motivation, teamwork, conflict resolution and the strengthening of the organizational culture through unity, commitment and coherence. Furthermore, maintaining relationships with suppliers, clients, and users also became a challenge although many of the organizations already had developed communication mechanisms through platforms, websites and others.

By being immersed in the situation of Isolation both students and respondents have come to better understand the perceptions of workers since students are in similar conditions to carry out their studies.

The conclusions identify the importance of communication, the need to have previous relationships with interested parties, the changes implemented in the daily operation by companies and conclude by inquiring about their solidarity actions

Keywords: Communications - Organizations - Crisis - Changes

1. INTRODUCCIÓN

La situación actual dada por la pandemia del COVID 19 ha impulsado la efectiva implementación de nuevas formas de trabajo como el home office (trabajo remoto desde el hogar) y turnos, que si bien no son formas nuevas de trabajo estaban reservadas solo a algunos sectores. Además se han incorporado nuevos protocolos para el cuidado de la salud respetando normativas emitidas por el gobierno y considerando las recomendaciones desde referentes de las áreas de salud.

Se identifican como principales cambios las formas de comunicación y la organización del trabajo y la solidaridad de las empresas para hacer frente a la crisis.

Desde la cátedra Gestión de las Personas (Facultad de Ingeniería – UNCuyo) Se plantea considerar cómo se perciben los cambios en las comunicaciones internas y externas y los cambios que han tenido que realizar las empresas para continuar o renovar las formas de trabajo.

Se trata de una investigación del tipo cualitativa ya que lo que se releva es la percepción de los encuestados/ entrevistados a través de su experiencia personal. Las hipótesis se han orientado a que:

- La comunicación externa e interna de las organizaciones sería un factor clave para generar confianza y mantener la relación con sus clientes externos e internos.
- Las organizaciones implementarán los servicios digitales para la mayor cantidad de comunicaciones y tareas posibles
- La prioridad en la reorganización de las actividades pasa por los cuidados higiénicos y la protección de su personal

Es evidente que si bien una gran parte de las actividades se mudó al formato de home Office, no todas pueden ser realizadas a través de esta modalidad para lo cual se debió recurrir organizar el trabajo del personal de diferente manera: turnos de trabajo, reducción de la jornada laboral y en todos los casos el uso de elementos de protección personal.

También las comunicaciones tomaron un rol relevante ya que la falta de presencialidad en procesos y servicios requirió mantener la conexión con el personal, los proveedores y los clientes en forma virtual. Algunas empresas incluso viraron de su función principal para generar otras actividades que contribuyan a morigerar las consecuencias sanitarias como por ejemplo Chandon Argentina *“Luego de las medidas adoptadas por el Gobierno para permitirle a las bodegas fabricar alcohol en gel con destino al combate contra el coronavirus, Chandon se acaba de convertir en la primera empresa importante del sector en adoptar esta operatoria ... Desde el sector explican que no se trata de cualquier tipo de vino sino de aquellos llamados intervenidos o que fueron declarados no aptos para el consumo humano por deficiencias técnicas pero cuyo contenido de alcohol etílico “puede ser utilizado para fabricar alcohol en gel, elemento fundamental para la higiene necesaria para la prevención del virus”* [1]

Se planteó este trabajo para relevar las percepciones de los trabajadores y cómo se han visto impactados por las comunicaciones (todos) y cambios en la forma de trabajo (principalmente los que pertenecen a actividades esenciales).

La comunicación en las organizaciones es tan normal como lavarse las manos. Sin embargo hemos tenido que revisar y adecuar estas prácticas. *“Hoy todo es más complejo. El distanciamiento social dejó a las organizaciones con pocos espacios de comunicación. Las empresas que no están produciendo, no tienen espacios para compartir novedades con sus equipos. Las que hacen home office, no dedican el tiempo necesario para hablar con sus equipos y contarles que está sucediendo. Y, en este contexto, lo que ayuda a mantener a los equipos trabajando es la comunicación. Tener a los equipos informados es clave para poder superar esta crisis.*

En la expresión de Maximiliano Blanc, CEO de BW *“Muchas veces esta información no es fácil de transmitir. Las noticias que tenemos para contar no son agradables. Aquí los líderes tienen la difícil tarea de ser buenos comunicadores. Muchos de ellos nunca fueron entrenados para esto; nunca recibieron capacitaciones de cómo hablar con su gente. Y mucho menos sobre cómo hacerlo a través de video conferencia”* [2]

2. METODOLOGÍA

El relevamiento fue realizado durante el mes de mayo del 2020, donde ya transcurría más de 45 días de aplicación del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. Para este informe se utilizaron los datos recopilados con la participación de los alumnos de la cátedra divididos en grupos de trabajo que realizaron:

- Encuestas sobre las comunicaciones que han mantenido con las organizaciones en las que se desempeñan como trabajadores y en las que son clientes o usuarios.
- Encuestas sobre las medidas sanitarias y organizativas adoptadas por las organizaciones en las que trabajan.
- Entrevistas a 21 personas de organizaciones de distinto rubro y un apartado particular para el rubro gastronómico que se realizaron a través de WhatsApp

Se encuestaron 246 personas, en tres rangos etarios: de 18-30 años, de 31 a 45 años y más de 45 años resultando una distribución bastante uniforme aproximadamente del 30 % para cada rango. El 47 % de las encuestas fueron respondidas por mujeres.

Como disparador de la actividad se les proporcionó diversos artículos para la consulta publicados en los medios y en la Web durante el primer mes de la cuarentena en Argentina, por ejemplo de Great Place to Work que define que *“La comunicación es uno de los instrumentos de liderazgo más importantes en situaciones de crisis. Si tenemos la sensación de que alguien está tomando la iniciativa en una situación de crisis y también nos informa e integra en consecuencia, nos da una seguridad enorme. Este es un gran desafío para quienes toman la iniciativa, porque, por supuesto, están bajo una enorme presión”*. [3]. Por otra parte continúa con la relación que existe entre la buena comunicación y la efectiva gestión de la crisis: *“Comienza con la toma de conciencia y responsabilidad social y económica frente a la problemática, esto incluye a las empresas, organizaciones y mismo dentro de las familias [3]*

2.1 Resultados generales obtenidos de las encuestas sobre Comunicaciones

En este apartado indicamos los resultados generales con respecto a las comunicaciones en la condición de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio realizadas por las empresas con sus empleados y clientes relevados de 246 encuestas en las que los encuestados estaban distribuidos en entre empresas públicas (48 %) y privadas (52 %).

- a. Con respecto a las comunicaciones con la empresa en la que trabaja

Tabla 1 Resultados de elaboración propia

Dispongo buena comunicación con mi jefe	82 %	✓
Mi organización cuenta con digitalización adecuada para trabajar	67 %	✓
Mi organización cuenta con buena conectividad	80,6 %	✓
Utilizo herramientas digitales de comunicación	98,2 %	✓
Recibo instrucciones concretas de mi Jefe/ Supervisor	77 %	
Recibo respuesta de mis supervisores /jefes ante inconvenientes en las tareas	74 %	
Recibo información respecto de la situación de crisis	54 %	✓
Las comunicaciones han sido claras y concisas	47,7 %	
Las comunicaciones podría ser mejores	47,7 %	✓
Las comunicaciones han sido malas	4,6 %	

“Una vez realizado el trabajo investigación, lo que llevó a la afirmación la hipótesis planteada, podemos determinar que las personas que integran las diferentes organizaciones, con sus correspondientes líderes cumplen un rol fundamental para sobrellevar épocas de crisis como las que se afrontan en la actualidad a nivel mundial. El vínculo que se establezca entre dichas personas y la dinámica con la que interactúen puede ser determinante en estas situaciones. Comunicar con honestidad, empatizando, evitando confusiones, es un factor clave para sobrellevar la incertidumbre y el caos generado por dicha crisis” (Alumno Juan Augusto Artola).

Al respecto coincide con el artículo de Forbes donde refiere *“Es que no estar informados genera incertidumbre; esta puede generar miedo; y ese miedo, el no saber qué es lo que pasará en el futuro, nos puede paralizar. Y en una organización, esa inmovilidad se traduce en esa charla que no se tuvo, en ese proyecto que no se presentó, en ese informe que no se hizo correctamente, en esa idea que no se elevó. Por este motivo es tan importante bajar la incertidumbre de la organización. Y se logra a través de la comunicación”* [2].

- b. Con respecto a las comunicaciones que se reciben de proveedores
- De acuerdo con las encuestas realizadas, durante el periodo inicial de cuarentena (hasta fines de mayo 2020) el 75,4 % de los encuestados se ha enfocado en trámites y compras exclusivamente necesarias, los 11,4 % algunas no tan necesarias y el 13,2 % ha continuado comprando de todo.

También consultamos sobre las comunicaciones que han recibido principalmente por mail desde diferentes organizaciones ya sea que son clientes, usuarios y otras que habilitaron este medio para llegar a la población en aislamiento social preventivo y obligatorio.

Tabla 2 *Resultados de elaboración propia*

He recibido comunicaciones de las empresas de las que soy cliente por mail	74 %
Se evidencian cambios en la forma y tipo de comunicación recibida	65 %
Prefiere abonar impuestos, servicios y otros en forma presencial	13,2 %.

Con respecto a las diferencias que se evidencian en las comunicaciones de las diferentes empresas proveedores de productos y servicios, se han ordenado las siguientes respuestas en función de la frecuencia con que se refirieron a las mismas ya que se trató de una pregunta abierta:

- Mayor información sobre medidas de higiene y seguridad
- Protocolos para la interacción (banco, seguros)
- Promociones especiales
- Compromiso con el cuidado solidario
- Más publicidad
- Incorporación de servicios de delivery
- Charlas y cursos on line gratuitos
- Las publicidades son menos agresivas
- Mejor trato

También se evidencia que se incrementaron las comunicaciones por WhatsApp.

La reducción de la utilización del papel, también fue visto como un punto positivo. Según las encuestas realizadas alrededor del 86 % de las personas prefiere realizar sus trámites de forma virtual, abonando o cobrando a través de home banking y según palabras de Carina Rotella, ingeniera en sistemas en OSEP: *‘Respecto al Home Office me he adaptado perfectamente, rinde mucho más que en el trabajo donde me veo expuesta en forma permanente a un montón de interrupciones y se descongestiona la ciudad al no haber tantas personas circulando en la calle’*.

De acuerdo a lo referido por AMBITO *“Según un estudio, del total de acciones de acompañamiento el 69 % corresponden a empresas y el 28 % a las ONG. Además, el 54 % realiza donaciones y un 8 % modificó su producción para dar respuesta a las nuevas necesidades”* [4]. En este sentido se consultó a los encuestados si participaban de alguna acción solidaria resultando positivo en el **50 %** de los casos. La mayoría a través de donaciones en dinero y /o alimentos.

“Queda claro que la comunicación es un factor clave para atravesar y gestionar la crisis, y así poder lograr mantener el trabajo y un buen clima laboral, basado en la confianza y en la credibilidad de la organización, ya sean comunicaciones dirigidas al personal, como a los clientes. Comunicar de manera clara, efectiva y honesta es la mejor forma de liderar hoy en día, pese a la incertidumbre y la situación crítica que se atraviesa” (Alumna María Belén Abdala).

“Como conclusión, se observa un cambio marcado en las empresas en cuanto a su comunicación y creo que lo más impactante es ver como la comunicación que estas han tenido con sus clientes y empleados ha generado una mejor imagen y relaciones más cercanas entre todos. Nuestra hipótesis se confirma, la comunicación ha sido un factor clave para que los clientes y trabajadores se sientan valorados y se encuentre confianza con los mismos. Pude observar también actitudes muy positivas por parte de los trabajadores independientes, y proyecciones a futuro, por lo que creo que el impacto generado por el COVID-19 marcará un antes y un después en la comunicación de las organizaciones” (Alumno Eduardo De Paolis).

Al respecto coincide con lo que Livingston plantea: *“el uso de “las 3 H” como guía para idear las nuevas campañas: “help” (ayuda), “hope” (esperanza) y “happiness” (felicidad). “Bajo estos tres interrogantes, cabe preguntarse: ¿Qué recursos tenemos y cómo podemos aplicarlos para hacer el mayor bien? En esta instancia, revisamos los activos de la marca para ofrecer un sostén real y tangible en esta situación, que se puede traducir en nuevos bienes y servicios, ayuda comunitaria o la fabricación de insumos esenciales”,* explica el experto. [5]

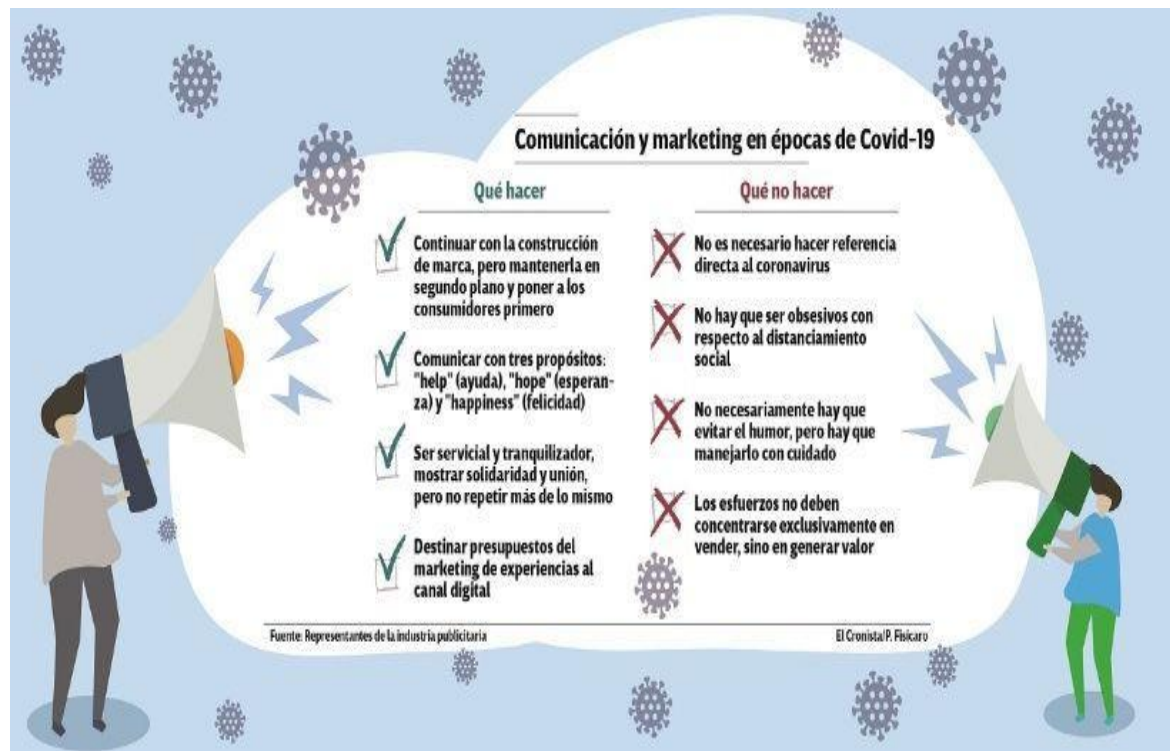


Figura 1 Comunicación y marketing en épocas de Covid-19 [5]

Es evidente que lo que a cientos de especialistas en transformación digital les ha demandado años para convencer a decisores de negocio, la pandemia lo ha logrado en unas pocas semanas. Lo mismo sucedió con las clases virtuales y el uso de herramientas TIC y plataformas educativas para el caso de la docencia.

La transformación digital es la integración de tecnología digital en todas las áreas de una empresa, cambiando fundamentalmente la forma en que opera y brinda valor a sus clientes y definitivamente obliga a la reelaboración de los productos, procesos y estrategias dentro de la organización.

2.2. Relevamiento de los cambios en la gestión de las organizaciones relevados de encuestas y entrevistas.

En este apartado se abordó las acciones concretas realizadas por las organizaciones para la continuidad del negocio. Se citó la entrevista de GPTW *“Una crisis siempre es diferente de lo que pensamos. ¿Cómo pueden los responsables de las empresas lidiar con la incertidumbre? ¿Pueden prepararse para lo impredecible? “No, no pueden prepararse para una crisis determinada. Pero aquellas empresas que en el pasado invirtieron en sus equipos, que desarrollaron una cultura sólida, que trabajaron en la calidad del liderazgo, que son fuertes en los frentes decisivos, superarán cualquier crisis. Las empresas que no estaban saludables antes de la crisis, por supuesto, están mucho más en riesgo” [3]*

A través del relevamiento se evidenció que los encuestados consideran que la organización interna para dar respuesta a la crisis fue

- muy buena 39,5 %
- buena 34,4 %
- regular 23,7 %.

a. Con respecto a las acciones tomadas por las empresas frente a la crisis COVID 19

Tabla 3 Resultados de elaboración propia

La empresa cuenta con un Comité de Crisis o similar que comunica las acciones	46 %	
La empresa cuenta con un plan definido para el caso de contagios	22 %	✓
La empresa tomó medidas (incluido el Home Office)	93,5 %	
En su empresa se han modificado los turnos y/o equipos de trabajo	73 %	✓
Se asignó a todo el personal con Home Office	61,2 %	
Se asignó parte del personal con Home Office	46 %	
Se hace home office una semana y presencial la siguiente	23 %	
Se creó turnos con reducción del horario de trabajo	7 %	

Se redujo o licenció a los empleados	7 %	
--------------------------------------	-----	--

b. Con respecto a la toma de decisiones desde lo sanitario y cuidado del personal

Tabla 4 Resultados de elaboración propia

La empresa tomó decisiones para la organización rápidamente	71 %	
La empresa comunica las precauciones a clientes, proveedores y personal	93,5 %	✓
Se siente acompañado/protegido sanitariamente por su organización	63,3 %	

También surge la necesidad de nuevas competencias de liderazgo “y se espera que estas expectativas aceleren una reinversión del líder moderno. La inteligencia emocional ha surgido claramente como el rasgo determinante del líder exitoso de hoy, pero la brecha de habilidades blandas es evidente. Más de una cuarta parte (28 %) de los encuestados dijo que su bienestar mental había empeorado debido a la pandemia, con solo 1 de cada 10 calificando a sus gerentes con una alta capacidad para apoyar su salud emocional” [7]

c. Con respecto a las medidas para el trabajo presencial

Tabla 5 Resultados de elaboración propia

Medidas implementadas para la presencialidad : Uso de barbijos y/o mascarar	58,6 %
Medidas implementadas: Uso de lentes y /o guantes	16,2 %
Medidas implementadas: Separadores acrílicos	7,1 %

d. Con respecto a la organización de las actividades en general

Tabla 6 Resultados de elaboración propia

La organización ha encarado muy bien la organización del trabajo	63 %
La organización podría haberse organizado mejor	29,6 %
La organización ha tenido dificultades para organizarse	7,4 %

Estos resultados son inferiores a algunos obtenidos de la consulta de artículos como el de Mendoza Punto a punto. “Las empresas se han enfrentado al desafío de apoyar a su gente durante la crisis y, como resultado, la confianza en las corporaciones ha aumentado. De hecho, el 88 % dice que su empleador cumplió o superó sus expectativas al adaptarse a los desafíos de la pandemia. Y con este aumento de la confianza vienen mayores expectativas” [8]

Frente a la duda de cómo pueden las empresas fortalecer la confianza de sus empleados frente a las acciones de sus líderes, encontramos una respuesta en el artículo de Anna Mahayni y Philipp Maderthner .. “La respuesta es: decisiones y comunicaciones claras. Nadie tiene la certeza de lo que pasa o va a pasar, eso lo sabremos después. Ahora solo podemos actuar de la mejor manera y entender. Las medidas extraordinarias ya tienen graves efectos económicos en numerosas empresas. La incertidumbre de COVID-19 es seguida por la incertidumbre económica para las personas en las empresas”. [3]

En su artículo Joaquín Noguera de GPTW resalta con respecto a los líderes de las organizaciones y la necesidad de contar con la confianza de los empleados: “La confianza los incluye, los hace formar parte, sentirse reconocidos y los hace crecer. La confianza les permite enfocarse en lo que hoy es importante, les da ese lugar porque saben que del otro lado quieren lo mismo. Y hace que todo eso vuelva a la organización.” [9]

También Daniela de León –especialista en liderazgo define la necesidad de reforzar las premisas de la buena comunicación aún más en tiempo de crisis *En estos tiempos de reestructuraciones corporativas y de reducciones de personal, donde reina la incertidumbre, el mayor desafío consiste en mantener el foco, la responsabilidad y el entusiasmo del equipo. Para lograrlo, usted deberá redoblar sus esfuerzos para comunicarse de manera persuasiva, precisa y auténtica* [10]

2.3. Relevamiento sobre la percepción del futuro de las organizaciones

Nuevamente partimos de datos obtenidos de artículos publicados sobre cómo se espera el futuro luego de la pandemia. “Si bien el futuro del trabajo es una responsabilidad colectiva, el 80 % de los empleados cree que su empleador es responsable de garantizar un mundo laboral mejor después del COVID y restablecer las normas, en comparación con el 73 % que dice que el gobierno es responsable, el 72 % que está de acuerdo en que es una responsabilidad individual y el 63 % que cree que está en manos de los sindicatos”. [8]

En el relevamiento se encontró que

- El 69,4 % apuesta que se generarán cambios en forma permanente.

- El 100 % de los encuestados considera que las empresas pueden adaptarse a nuevas formas de trabajo, pero solo el 57 % puede hacerlo en forma rápida.
- El 58,5 % considera que su puesto corre peligro o sufrirá cambios después de esta situación.
- El 23,3 % informa que la empresa ha recibido ayuda del gobierno.

La imposibilidad de saber si se encontrará una vacuna, plantea un futuro incierto para las organizaciones, y estas deben plantear objetivos a plazos más cortos que antes, ya que la amenaza de nuevos brotes de infección está presente. Respecto a este punto hubo opiniones divididas.

Muchos emprendedores han sido fuertemente afectados por la crisis como se releva en la siguiente entrevista: *“Estamos viviendo en un contexto de altísima incertidumbre. Todas las personas con las que me contacto a diario están en permanente revisión de los pasos a seguir. Nos sentimos perdidos y vulnerables. Espero de corazón que desarrollemos nuestra capacidad de resiliencia para enfrentar con firmeza y fortaleza los cambios que están por venir”* [6]

“Desde mi punto de vista me tocó pasar por esta pandemia acompañado por distintas situaciones en las cuales tuvimos que modificar e ir adaptando permanentemente el esquema de negocios y ventas de mi emprendimiento tratando de que no se estrellé, realmente ha sido una experiencia dura y no grata. Pero por otro lado reforzamos relaciones tanto con el personal como con mis socios basándonos en la confianza y apoyándonos en esta situación, aportando nuevas ideas de comercialización de producto, logísticas de distribución, bonificaciones por la compra en cantidad para no parar la producción y protocolos de trabajos adecuados para priorizar la salud de todos” (Alumno Enzo Andreotti).

A la pregunta final sobre qué proyección a futuro puede llegar a tener la empresa el 19,4 % de los encuestados optó por un cambio favorecedor mientras que el 77,4 % indicó que el cambio será difícil, pero logrará adaptarse y solo el 3,2 % pronostica que la empresa desaparecerá.

“La mayoría de las organizaciones han estado comprometidas con priorizar la salud respecto a cualquier cosa. Yo creo que esta pandemia saca a relucir las buenas prácticas de algunas organizaciones, que se encuentran comprometidas no solo con sus propios entornos de trabajo, sino también con la comunidad. Este proyecto nos sirve como guía de aprendizaje de este entorno poco común, brindándonos herramientas rápidas para hacer un análisis y un relevamiento de campo, en particular, sobre cómo reaccionan las organizaciones frente a una crisis. De la encuesta realizada, me gusta mucho lo que representa el último gráfico, donde las personas reflejan una fuerza y esperanza comunitaria frente a esta enfermedad: “Costará, pero lograremos adaptarnos” (Alumna Macarena Vera).

Rescatamos la opinión de Carlos Contino *“La competencia clave para liderar en la incertidumbre es la transparencia en los mensajes. El contenido del mensaje puede ser duro, especialmente, en estos momentos de poca claridad no para la Argentina y a escala global. La coincidencia entre lo que se dice y lo que se hace dentro y fuera de la organización es clave. Las personas confían y responden positivamente en quienes comunican con verdad y evidencias. A esto llamamos transparencia comunicacional.* [11]

2.4. Relevamiento en el rubro gastronómico

Nos pareció interesante también compartir los resultados de un grupo de estudiantes que realizaron entrevistas a 5 restaurantes de Mendoza, a personas que ocuparan puestos de trabajo en las distintas áreas de las organizaciones: 5 encargados, 4 cocineros y 4 mozos. (Recordar que este relevamiento se realizó cuando aún no se había autorizado la asistencia de personas a los mismos, por lo que todos migraron al modelo de delivery, si bien anteriormente contaban con servicio de delivery mediante aplicaciones como Pedidos Ya o Uber Eats, al momento del relevamiento dependían íntegramente de las ventas mediante estos medios.

- El 100 % de los encuestados recibió como elementos para el trabajo barbijos, guantes descartables, alcohol en gel y productos de limpieza y los protocolos de trabajo correspondientes como la desinfección exhaustiva de la mercadería, el lavado con mucha frecuencia de manos y cara y la desinfección del calzado y vestimenta apropiada, entre otras.
- El 80 % consideró que el flujo de trabajo a través de delivery era insuficiente para mantener el negocio
- El 100 % coincidió que la demanda disminuyó notablemente (por lo que debieron reducir las horas de trabajo).
- Los suministros en cambio solo se vieron afectados en un 20 %

- El 100 % puedo acceder a subsidios del gobierno, sin embargo 3 de los 5 comercios entrevistados consideraron el cierre como una opción muy probable.
- El 20 % de los encuestados había recibido la totalidad de su salario a tiempo, el 40 % restante recibió la totalidad de su salario en cuotas, mientras que el 40 % restante recibió parte de su salario y no la totalidad.
- El 70 % realiza tareas diferentes a las que tenía antes de la pandemia ya que se eliminó la atención al público.

“Esto también conlleva a que se determine un marco legal para las empresas que tienen negocios de delivery, por la precarización de sus empleados; con el propósito de que se generen puestos de trabajo seguros y rentables, considerando la pérdida de trabajos de mozos, principalmente. Ya que estos están expuestos a muchos peligros potenciales, como el riesgo de contraer COVID-19 como así también de accidentarse; sin contar con ningún tipo de seguro para esto (Alumna Macarena Lemos).

2.5. Reflexiones de los alumnos

Las conclusiones de los alumnos evidencian interés al poder relevar información sobre una situación problema actual de la cual ellos mismos han sido parte ya sea a través de sus familias o ellos mismos con sus compromisos laborales.

Se han incorporado algunas de las reflexiones en los apartados que son pertinentes y se indican a continuación conclusiones generales en cuanto a aprendizajes.

“Con este trabajo aprendí también a utilizar nuevas herramientas, no solo para realizar la encuesta y el análisis de los resultados sino también para comunicarme con el grupo y poder trabajar en conjunto a distancia” (Alumna Carolina Srbovic).

“Respecto al ámbito empresarial pude observar a lo largo de la investigación, que muchas empresas tuvieron que innovar y modificar su modelo de negocio para tratar de sobrellevar la crisis que estamos viviendo. Muchas de ellas tuvieron que mutar a un espacio digital el cual, anteriormente a la pandemia, no había sido experimentado. Este proyecto me resultó enriquecedor ya que tuve que atravesar nuevas experiencias tales como entrevistas, encuestas e investigación de diferentes medios de comunicación las cuales generaron nuevos conocimientos para afrontar futuros desafíos” (Alumno Emiliano Zorrilla).

“En mi opinión, la pandemia nos ha hecho ver nuevas formas de trabajo que quizás antes no se veían posibles o no se tenían en cuenta, pero ahora que tanto las personas como las organizaciones han tenido que aplicarlas por una necesidad de fuerza mayor, nos dimos cuenta que son formas de trabajo alternativas e innovadoras que traen beneficios tanto para la comunidad en general como el medio ambiente” (Alumna Giuliana Fioretti).

“En este marco de crisis, yo creo que las empresas están reorganizando sus objetivos y formas de trabajo con el fin de lograr un desarrollo más sostenible y de mayor responsabilidad social, incorporando alternativas diferentes que satisfagan las nuevas necesidades y deseos de los clientes” (Alumna Ana Smovir).

“Por último, me gustaría destacar el tema medio ambiental, el transcurso de este confinamiento nos ha mostrado un “respiro en el ambiente” ya que las actividades del hombre que dañan el mismo se han reducido. Sobre esto pienso que también es el momento indicado para continuar por esta senda aplicando nuevos métodos de trabajo y tecnologías de producción que no dañen el planeta y sean sustentables” (Alumno Tomás Ginard).

3. CONCLUSIONES

En el relevamiento realizado es evidente en que todas las organizaciones reaccionaron rápidamente a la situación de aislamiento social preventivo y obligatorio. Algunas estaban mejor preparadas, principalmente las que ya trabajan el liderazgo de equipos y la comunicación como herramientas claves de la gestión.

Como se menciona en varias de las reflexiones las organizaciones han construido modos alternativos de llevar adelante el negocio y sus servicios y muchas de estas formas de trabajo no van a desaparecer al terminar la situación de crisis ya que han evidenciado ser efectivas. Particularmente, la metodología de Home Office, es importante ya que es un cambio grande en la forma de trabajo y que puede cambiar el futuro de muchas empresas y la forma de organizarse, de comunicarse, de liderar y de interactuar.

Finalmente la importancia de las comunicaciones se resalta en todas las encuestas y entrevistas como en los artículos consultados como herramienta de contención, de liderazgo, de motivación y de desarrollo de las organizaciones.

Queda pendiente el debate de leyes que permitan ordenar las nuevas formas de trabajo.

4. REFERENCIAS

- [1] ECONOMIA SUSTENTABLE, 26/03/2020. **Emergencia sanitaria Chandon producirá alcohol en gel para enfrentar al coronavirus.** Recuperado de <https://economiasustentable.com/noticias/emergencia-sanitaria-chandon-producira-alcohol-en-gel-para-enfrentar-al-coronavirus>
- [2] FORBES ARGENTINA, 15/04/2020. **Desafíos y estrategias de Comunicación Interna en tiempos de COVID-19.** Recuperado de <https://www.forbesargentina.com/editorial/desafios-estrategias-comunicacion-interna-tiempos-covid-19-n1980>
- [3] GREAT PLACE TO WORK, 16/03/2020 **El Coronavirus y las organizaciones: la comunicación en tiempos de crisis.** (Recuperado de <https://www.greatplacetowork.com.ar/publicaciones/articulos/anna-mahayni-y-philipp-maderthner>)
- [4] AMBITO, 29/04/2020 **Acciones que están haciendo frente al coronavirus.** Recuperado de: <https://www.ambito.com/ambito-biz/ambito-biz/empresas-accion-que-estan-haciendo-frente-al-coronavirus-n5098989>
- [5] EL CRONISTA, 12/04/2020 **Las marcas y la publicidad: cómo comunicar en tiempos de pandemia.** Recuperado de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/empresas/Las-marcas-y-la-publicidad-como-comunicar-en-tiempos-de-pandemia-20200412-0002.html>
- [6] AMBITO, 12/04/2020 **Un empresario emprendedor cuenta como el Covid-19 arrasó con todo.** Recuperado de: <https://www.ambito.com/opiniones/trabajo/un-empresario-emprendedor-cuenta-como-el-covid-19-arraso-todo-n5094878> -
- [7] ECOS365 14/07/2020 **Cuales serán los cambios del mercado laboral post-covid-** Recuperado de <https://ecos365.com.ar/noticias/Cuales-seran-los-cambios-del-mercado-laboral-post-covid-20200714-0010.html>
- [8] MENDOZA PUNTO A PUNTO, 12/7/2020 **Cinco cambios para el mercado laboral post-Covid (by Adecco).** Recuperado de: <https://mendoza.puntoapunto.com.ar/cinco-cambios-para-el-mercado-laboral-post-covid-by-adecco>.
- [9] GREAT PLACE TO WORK, 20/05/2020 **Confianza: la clave aún en tiempos turbulentos.** Recuperado de <https://www.greatplacetowork.com.ar/publicaciones/articulos/confianza-la-clave-aun-en-tiempos-turbulentos>
- [10] CRONISTA 21/04/2020 **Liderazgo en tiempos de covid-19: cosechará su siembra.** Recuperado de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/columnistas/Liderazgo-en-tiempos-de-covid-19-cosechara-su-siembra-20200421-0013.html>
- [11] IPROFESIONAL.com 21/09/2007 **Cómo liderar una organización en tiempo de crisis y conflictos.** Recuperado de: <https://www.iprofesional.com/notas/53880-Como-liderar-una-organizacion-en-tiempos-de-crisis-y-conflictos>.

Modelo teórico para la construcción de un sistema integral de información académica

Peyronnet, Gustavo Marcelo; Ambroggio, Ailén Francina

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Pampa.
110 N° 390 - (6360). *gpeyronnet@ing.unlpam.edu.ar. ailenambroggio@gmail.com*

RESUMEN.

Las instituciones educativas de nivel superior cuentan con abundantes y diversos sistemas de información que permiten obtener datos de múltiples variables, aunque la mayoría de las veces éstos no están sistematizados y priorizados de manera tal que permitan visualizar aspectos relevantes para la gestión. El presente trabajo tuvo como objeto el diseño y desarrollo de un marco teórico-metodológico que permita la construcción de un sistema integral de información académica. Se adoptó como modelo la estrategia de Medición, Evaluación y Mejora Continua de Calidad denominada GOCAME+, partiendo de la definición de cuatro entidades relevantes con características propias y con impacto en los aspectos académicos: Ingreso, Permanencia, Egreso y Post Egreso. La metodología implicó además la definición de subconceptos, atributos, métricas e indicadores, así como también el origen de las métricas utilizadas. Como resultado se obtuvo una tabla con los indicadores que en esta primera etapa se consideraron prioritarios.

Palabras Claves: Gestión, información, medición, evaluación, indicadores.

ABSTRACT.

Higher education institutions have abundant and diverse information systems that provide data from multiple variables, although most of the time these are not systematized and prioritized in a way that allows visualizing aspects relevant to management. The objective of the work was the design and development of a theoretical-methodological framework that allows the construction of a comprehensive academic information system. The GOCAME+ Continuous Quality Measurement, Evaluation and Improvement strategy was adopted as a model, based on the definition of four relevant entities with their own characteristics and with an impact on academic aspects: Admission, Permanence, Graduation and Post Graduation. The methodology also involved the definition of sub-concepts, attributes, metrics and indicators, as well as the origin of the metrics used. As a result, a table was obtained with the indicators that were considered priorities in this first stage.

Keywords: Management, information, measurement, evaluation, indicators.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge en el marco del Proyecto de Investigación: “Diseño y desarrollo de un marco teórico-metodológico que permita la construcción de un sistema integral de información en una organización educativa de Nivel Superior”, acreditado como Proyecto oficial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa (FI-UNLPam) [1].

El objetivo consiste en desarrollar un modelo teórico que permita la construcción de un sistema integral de información académica.

A partir de las necesidades del equipo de gestión de la FI-UNLPam, referidas al manejo de información que permita dar cuenta del estado de las distintas variables que intervienen en los aspectos académicos, se generaron diversas rondas de consulta con Directores de Carrera y Departamento para relevar aquellos aspectos de mayor importancia [2].

En su conjunto, plantearon diferentes problemáticas visibilizadas en las dificultades de los estudiantes para sostener sus trayectorias educativas, fundamentalmente en el ingreso y permanencia de las mismas en cualquiera de las carreras de la Facultad. Se informaron además, otras dificultades relacionadas con el relevamiento de datos, la sistematización de información diversa, la estructuras de cátedras, las propuestas metodológicas docentes, entre otras.

En relación a las trayectorias educativas de los estudiantes, específicamente se describieron problemáticas relacionadas con su desempeño general (ingreso al mundo universitario, cambios abruptos, nuevas normas, entre otras) y con su rendimiento académico (escaso repertorio de estrategias de aprendizaje y hábitos de estudio, principalmente).

Con respecto a datos e información diversa, las problemáticas más significativas explicitadas se relacionan con exceso de información, en algunos casos; y en otros, información incompleta y fragmentada, datos inconsistentes y desactualizados, escasa fiabilidad de los mismos, inconsistencia (incoherencia) de resultados obtenidos, rápida obsolescencia de la información, complejidad para abordar la información de entrada y dificultades para la conversión de la información de entrada en conocimiento útil en tiempo y forma.

Teniendo en cuenta las numerosas dificultades expresadas, se decidió hacer un primer recorte de problemas y definir una posible herramienta que permitiera analizar datos e información y proponer posibles planes de acción.

Por un lado, se tomó a la problemática del ingreso, permanencia y egreso de los estudiantes con interés particular dado los índices de desgranamiento y deserción expresados por Secretaría Académica en diferentes oportunidades. Se consideró relevante también analizar las características y particularidades del vínculo de los egresados con la FI (post egreso). Por otro lado, se decidió la elaboración y confección de un tablero de control que permitiera, a través de una serie de indicadores, obtener información genuina para poder elaborar planes de acción para intervenir en las problemáticas señaladas.

Esas primeras tareas del equipo originaron la necesidad de generar un modelo teórico que dé sustento a la generación del tablero de control y que, además, pueda ser traspolado a cualquier otra institución universitaria similar. Teniendo en cuenta esta premisa se inició un trabajo de abstracción de posibles categorías conceptuales y elementos configuradores de la información disponibles que permitieran una representación teórica compleja y dinámica, construida desde la práctica misma.

2. DESARROLLO

2.1. Marco teórico.

Luego de analizar distintas metodologías, se consideró conveniente adoptar la estrategia de Medición, Evaluación y Mejora Continua de Calidad GOCAME+ [3].

Frecuentemente las actividades involucradas en procesos de cambio y mejora no están contempladas en estrategias de medición y evaluación y con GOCAME+ se presenta una estrategia multipropósito que además de permitir comprender la situación actual de cualquier ente (con sus debilidades y vulnerabilidades) a través de la medición y evaluación de sus atributos, contempla analizar los resultados de la evaluación y dar recomendaciones para generar un proceso de cambio que tienda a la mejora continua. Implementa de algún modo el ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Plan-Do-Check-Act) [4], ya que se planifican acciones de mejora, se las lleva a cabo, luego se verifican (evalúan) los resultados obtenidos y por último se actúa sobre los problemas hallados, lo que puede implicar, a su vez, el comienzo de un nuevo ciclo.

A continuación, en la figura 1, se presenta el proceso general de GOCAME+.

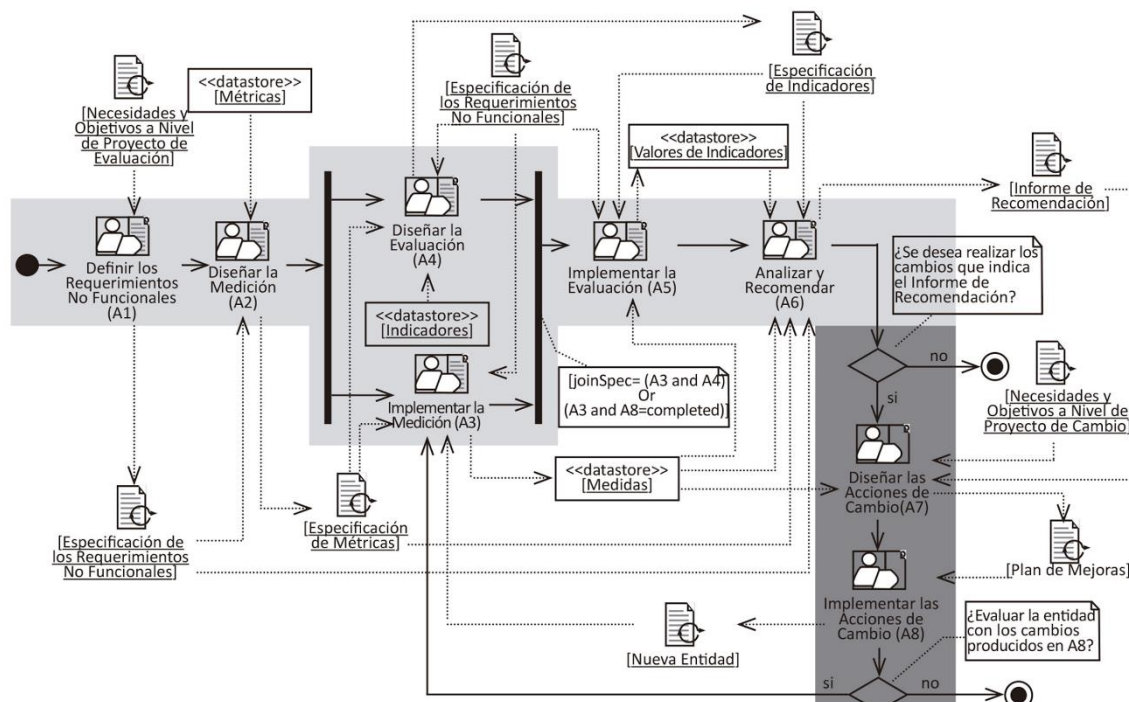


Figura 1 Vista funcional y de comportamiento del proceso medición, evaluación y cambio (MEC) en GOCAME+. [3]

Teniendo en cuenta el modelo seleccionado, considerando [3,5], las actividades y definiciones seguirán el siguiente esquema:

- A1. Definir los requerimientos no funcionales: Identificar las especificaciones de la necesidad de información y del árbol de requerimientos. El árbol de requerimientos tendrá como raíz al concepto foco (la entidad), como nodos intermedios los subconceptos relacionados al foco y como nodos hojas los atributos medibles asociados a la entidad seleccionada.
- A2. Diseñar la medición: Identificar métricas que se usarán para cuantificar los atributos definidos. Una métrica define cómo se llevará a cabo la medición, así como la escala en que se expresarán los valores obtenidos. La salida de esta actividad en la figura es el documento Especificación de Métricas.
- A3. Implementar la medición: Utilizar las métricas para cuantificar los atributos. Para la búsqueda de datos y generación de métricas se utilizará el software SIU Wichi (Pentaho) [6] y datos recopilados de asignaturas (caso Preliminares de Matemática). Las métricas y sus metadatos asociados serán recuperados desde un repositorio (identificado en la figura con el estereotipo datastore)
- A4. Diseñar la evaluación: Definir para cada atributo un indicador que lo evaluará. El valor de una métrica no representa por sí mismo el nivel de satisfacción de un requerimiento elemental (atributo). Por lo tanto, es necesario definir una transformación a partir del valor medido que produzca un nuevo valor numérico o categórico. Esta transformación estará dada por un indicador elemental (indicador que no depende de otros indicadores para evaluar o estimar un concepto calculable). La salida de esta actividad en la figura es el documento Especificación de indicadores y la realización de las mediciones correspondientes.
- A5. Implementar la evaluación: Utilizar los indicadores para conocer el grado de satisfacción y los niveles de aceptabilidad que tienen asociados, que permitirán interpretar los valores de los indicadores y visualizar las brechas, es decir, el impacto negativo a partir de la comparación de un valor objetivo con un valor real (histórico o actual).
- A6: Analizar y recomendar: Brindar recomendaciones a fin de lograr mejoras en la calidad de la entidad o en su contexto. Como resultado de esta actividad se obtendrá el documento Informe de Recomendación donde se detallan recomendaciones para aquellos atributos que no satisfacen cierto nivel de aceptabilidad. Las recomendaciones proporcionan sugerencias y prioridades para los atributos que deben mejorarse.
- A7: Diseñar las acciones de cambio: Llevar a cabo la planificación de las principales acciones a realizar, un plan de mejoras en el cual se indican las acciones para cada recomendación y se establece cómo se realizarán dichas acciones en pos de concretar los

cambios. El cómo indica cada uno de los métodos y/o técnicas que se emplearán para hacer efectivas las acciones de cambio.

- A8: Implementar las acciones de cambio: Llevar a cabo el plan de mejoras, que promoverá el proceso de mejora continua. Si las recomendaciones implican cambiar para mejorar ciertos aspectos será necesario volver a medir y evaluar para determinar si se alcanzó el nivel de satisfacción requerido, es decir, se volverán a realizar las actividades A3, A5 y A6. Notar que las actividades A1, A2 y A4 no se vuelven a realizar puesto que se miden y evalúan los atributos y conceptos calculables ya especificados utilizando las métricas e indicadores definidos inicialmente.

2.2. Metodología

Considerando el marco teórico, se adoptaron las siguientes definiciones tendientes a adaptar las necesidades de información según las actividades recomendadas:

2.2.1 Definición de entidades

Serán aquellas instancias diferenciadas que toman lugar en dispares momentos del tiempo, que forman parte de un continuo con características propias y que impactan sobre el posible éxito o fracaso del estudiante [7].

Cada entidad debe ser identificada de forma única y cada instancia de una entidad debe encontrarse separada e identificable claramente [8].

En consecuencia, considerando las necesidades planteadas, las entidades a tener en cuenta serán: Ingreso, Permanencia, Egreso y Post Egreso, expuestas en tabla 1.

Tabla 1 *Definición de entidades*

Entidad	Definición
Ingreso	Instancia en la cual los estudiantes entran al sistema universitario, mediante la FI-UNLPam como institución, hasta adquirir la condición de estudiante. El alta como estudiante se otorga al presentar toda la documentación requerida por la universidad [9].
Permanencia	Instancia en la cual los estudiantes se desarrollan dentro del sistema universitario, posterior al alta como estudiante, en búsqueda del cumplimiento de las actividades curriculares del plan de estudio de alguna de las carreras de la FI-UNLPam.
Egreso	Instancia en la cual los estudiantes hayan completado la totalidad de las actividades curriculares del plan de estudio de la carrera a la que pertenece, pero no se hayan registrado en la participación de eventos institucionales.
Post Egreso	Instancia posterior a la graduación, desde el momento en que se registre la primera participación en un evento institucional.

2.2.2 Definición de subconceptos

Los subconceptos se desprenden de un concepto foco, con un menor nivel de abstracción [5]. En la Tabla 2 se presentan los identificados por el equipo investigador.

Tabla 2 *Definición de subconceptos*

Subconcepto	Definición
Estudiantes en Matemática Preuniversitaria	Serán aquellos interesados en ingresar en algunas de las carreras que se dictan en la FI-UNLPam, a saber: <ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes regulares que cursen el último año del Nivel Secundario de instituciones educativas de la localidad de General Pico y la región, • Interesados que hayan concluido el Nivel Secundario de Instituciones educativas de la localidad de General Pico y/o de la región, • Estudiantes de algunas de las carreras de la FI-UNLPam que hayan cursado instancias previas de Preliminares de Matemática y que no hayan aprobado oportunamente [10].
Estudiantes aspirantes	Serán aquellos que se inscriban a las carreras de la FI-UNLPam y tengan pendientes de aprobación materias de la escuela secundaria y/o nivel equivalente. Los aspirantes, dentro del plazo fijado, podrán realizar actividades

	curriculares pero su evaluación quedará demorada hasta la presentación en tiempo y forma del respectivo certificado. Cumplida la presentación señalada, pasarán a ser ingresantes en los términos aquí reglamentados y deberán cumplir con los requisitos previstos para esta última categoría. Si no lo hicieren, automáticamente perderán su condición de aspirantes [9].
Estudiantes ingresantes	Serán aquellos estudiantes que se inscriban en las carreras de la FI-UNLPam y que no tengan pendientes materias de la escuela secundaria y/o nivel equivalente o hayan aprobado el ingreso de acuerdo a la excepción establecida en el Artículo 7º de la Ley N° 24.521 de Educación Superior.
Estudiantes en Preliminares de Matemática	Serán aquellos estudiantes que se inscriban al espacio Preliminares de Matemática que se desarrollará de forma intensiva durante el primer mes del calendario académico, previo a las asignaturas Álgebra y Análisis Matemático I-a. o mediante redictado durante el primer cuatrimestre.
Estudiantes en asignaturas principales de primer año primer semestre	Serán aquellos estudiantes que se inscriban a materias pertenecientes a las ciencias básicas, como lo son, Álgebra y Análisis Matemático I-a. El nivel de estas asignaturas y la dificultad que presentan respecto al nivel secundario son considerados relevantes en la permanencia universitaria [11]. <ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes en Álgebra: Serán aquellos estudiantes que se inscriban a la asignatura Álgebra en el primer dictado (primer cuatrimestre) o redictado (segundo cuatrimestre) • Estudiantes en Análisis Matemático I-a: Serán aquellos estudiantes que se inscriban a la asignatura Análisis Matemático I-a que se desarrollará una única vez por año durante el primer cuatrimestre.
Estudiantes que realizan actividades curriculares	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes con regularidad vigente: Serán aquellos estudiantes que hayan aprobado dos (2) o más actividades curriculares de una carrera en el año académico anterior a aquel en el que los/las estudiantes se hayan re-inscripto, salvo cuando el plan de estudios de la carrera prevea menos de cuatro (4) actividades curriculares en el año, en cuyo caso bastará con la aprobación de una (1) actividad curricular. [9].
Estudiantes que desertan	Serán aquellos estudiantes que abandonen la FI-UNLPam entre uno y otro período académico [12].
Estudiantes egresados	Serán aquellos estudiantes que hayan completado la totalidad de las actividades curriculares de la carrera a la que pertenecen.
Desarrollo de graduados	Serán aquellos graduados que participen en eventos institucionales. <ul style="list-style-type: none"> • Graduados empadronados activos: Serán aquellos graduados empadronados que hayan votado en la última elección. Considerándose inactivos aquellos graduados que no hayan votado en las últimas cuatro elecciones consecutivamente. • Graduados participantes en eventos institucionales: Serán aquellos graduados que hayan participado en algún evento institucional, tal como cursos, jornadas y/o cualquier otra actividad avalada mediante resolución del Consejo Directivo de la FI-UNLPam.

2.2.3 Definición de atributos

Serán aquellos detalles que sirven para calificar, identificar, clasificar, cuantificar o expresar el estado de una entidad [8].

2.2.4 Definición de métricas

Serán los métodos que permitan realizar la actividad de medición, cuantificando los atributos definidos. La medición permite obtener datos [3].

2.2.5 Definición de indicadores

Será un valor que refleja el nivel de satisfacción alcanzado por cada elemento (atributos y conceptos calculables) del árbol de requerimientos. Este valor se consigue siguiendo un procedimiento de cálculo. Un indicador también especifica la escala utilizada para representar el valor [5].

2.2.6 Estructura de diseño

Los diferentes conceptos mencionados se relacionarán bajo una disposición determinada, reflejada en el esquema general de la figura 2.

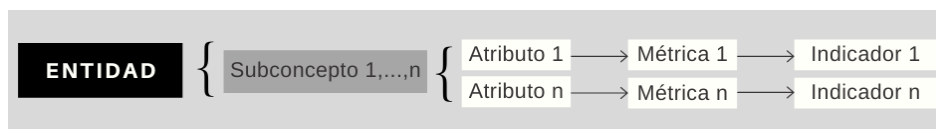


Figura 2 Estructura de diseño

3. RESULTADOS.

Como resultado de la aplicación de la estrategia GOCAME+ al área académica de la FI-UNLPam se especifican, para cada subconcepto de una determinada entidad, los atributos, métricas e indicadores prioritarios (Tabla 3 a Tabla 10).

Tabla 3 Especificaciones de la entidad ingreso, subconcepto estudiantes en Matemática Preuniversitaria.

ENTIDAD INGRESO				
SUBCONCEPTO	Estudiantes en Matemática Preuniversitaria			
ATRIBUTO	MÉTRICA	FUENTE / ORIGEN DATOS	INDICADOR	CÁLCULO INDICADOR
Estudiantes en Matemática Preuniversitaria	Cantidad de estudiantes pre-inscriptos en Matemática Preuniversitaria.	Sistema SIU-Araucano. Pre-inscriptos en SIU-Guaraní desde fecha inicio de difusión e inscripción del curso a fecha de cierre de inscripciones.	Variación de cantidad de estudiantes pre-inscriptos en cursos de Matemática Preuniversitaria.	(Suma de pre-inscriptos en curso de Matemática Preuniversitaria / Promedio de pre-inscriptos en cursos de Matemática Preuniversitaria) x 100.
Estudiantes que recibieron certificado de asistencia en Matemática Preuniversitaria.	Estudiantes que recibieron certificado de asistencia sobre pre-inscriptos en Matemática Preuniversitaria.	Área de difusión. Listado de estudiantes que recibieron certificado de asistencia.	Porcentaje de estudiantes que recibieron certificado de asistencia sobre pre-inscriptos en Matemática Preuniversitaria.	(Suma de estudiantes que asistieron al 75% de las clases como mínimo / Total de pre-inscriptos en curso Matemática Preuniversitaria) x100.
Estudiantes que se presentaron al examen de Matemática Preuniversitaria.	Estudiantes que se presentaron al examen sobre pre-inscriptos en Matemática Preuniversitaria.	Área de matemática. Listado de estudiantes que se presentaron a examen en diciembre.	Porcentaje de estudiantes que se presentaron al examen sobre pre-inscriptos en Matemática Preuniversitaria.	(Suma de estudiantes que se presentaron en examen final / Total de pre-inscriptos en curso Matemática Preuniversitaria) x100.
Estudiantes que aprobaron el examen de Matemática Preuniversitaria.	Estudiantes que aprobaron el examen sobre pre-inscriptos en de Matemática Preuniversitaria.	Área de matemática. Listado de estudiantes que se presentaron a examen en	Porcentaje de estudiantes que aprobaron el examen sobre pre-inscriptos en	(Suma de aprobados en examen final / Total de pre-inscriptos en curso

		diciembre y aprobaron.	Matemática Preuniversitaria.	Matemática Preuniversitaria) x100.
Inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes aprobados en Matemática Preuniversitaria.	Inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes aprobados en Matemática Preuniversitaria.	Cruce de lista de estudiantes aprobados que se presentaron en mesa de diciembre (Área de Matemática) y caras nuevas de la FI-UNLPam (SIU Guaraní).	Porcentaje de inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes aprobados en Matemática Preuniversitaria sobre el total de aprobados.	(Suma de inscriptos a la FI-UNLPam que hayan aprobado el examen de Matemática Preuniversitaria / Suma de aprobados en examen final de Matemática Preuniversitaria) x100.
Inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes desaprobados en Matemática Preuniversitaria.	Inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes desaprobados en Matemática Preuniversitaria.	Cruce de lista de estudiantes desaprobados que se presentaron en mesa de diciembre (Área de Matemática) y caras nuevas de la FI-UNLPam (SIU Guaraní).	Porcentaje de inscriptos a la FI-UNLPam de estudiantes desaprobados en Matemática Preuniversitaria sobre el total de desaprobados.	(Suma de inscriptos a la FI-UNLPam que hayan desaprobado el examen de Matemática Preuniversitaria / Suma de desaprobados en examen final de Matemática Preuniversitaria) x100.

Tabla 4 Especificaciones de la entidad ingreso, subconcepto estudiantes aspirantes.

ENTIDAD INGRESO				
SUBCONCEPTO	Estudiantes aspirantes			
Estudiantes aspirantes por año.	Cantidad de estudiantes aspirantes por año.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de aspirantes por año. (reporte:818mat45) o listado de personas no matriculadas (reporte:mat00106). Ante diferencia cruce con datos de requisitos adeudados. Datos tomados al 10/05.	Variación de cantidad de estudiantes aspirantes.	(Suma de aspirantes a la FI-UNLPam / Promedio de aspirantes) x100.

Tabla 5 Especificaciones de la entidad ingreso, subconcepto estudiantes ingresantes..

ENTIDAD INGRESO				
SUBCONCEPTO	Estudiantes ingresantes			
Estudiantes ingresantes por año.	Cantidad de estudiantes ingresantes por año.	Sistema SIU-Guaraní. Suma de listados de cantidad de ingresantes por carrera (reporte:818mat17). Datos tomados al 10/8.	Variación de cantidad de estudiantes ingresantes.	(Suma de ingresantes / Promedio de ingresantes) x 100.

Tabla 6 Especificaciones de la entidad permanencia, subconcepto estudiantes en Preliminares de Matemática.

ENTIDAD PERMANENCIA				
SUBCONCEPTO	Estudiantes en Preliminares de Matemática			
ATRIBUTO	MÉTRICA	FUENTE / ORIGEN DATOS	INDICADOR	CÁLCULO INDICADOR
Estudiantes aprobados en Preliminares de Matemática (primer dictado).	Estudiantes aprobados sobre inscriptos en primer dictado de Preliminares de Matemática.	Sistema SIU-Guaraní. Área de matemática. Listado de estudiantes aprobados por promoción (dictado de la materia en febrero) y examen final (mesa de marzo).	Porcentaje de estudiantes aprobados sobre inscriptos en primer dictado de Preliminares de Matemática.	(Suma de aprobados del primer dictado / Total de ingresantes.) x 100.
Estudiantes aprobados en Preliminares de Matemática (redictado).	Estudiantes aprobados sobre inscriptos en segundo dictado de Preliminares de Matemática.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de estudiantes aprobados por promoción (redictado de la materia en abril-mayo) y examen final (mesa de junio).	Porcentaje de estudiantes aprobados sobre inscriptos en segundo dictado de Preliminares de Matemática.	(Suma de aprobados del redictado / Total de inscriptos en Preliminares de Matemática redictado.) x 100.

Tabla 7 Especificaciones de la entidad permanencia, subconcepto estudiantes en asignaturas principales de primer año primer semestre.

ENTIDAD PERMANENCIA				
SUBCONCEPTO	Estudiantes en asignaturas principales de primer año primer semestre.			
Estudiantes aprobados en Álgebra.	Estudiantes aprobados sobre inscriptos en Álgebra (dictado y redictado).	Sistema SIU-Guaraní. Suma de listas de estudiantes aprobados por promoción y por examen final en las cuatro mesas correspondientes.	Porcentaje de estudiantes aprobados sobre inscriptos en Álgebra (dictado y redictado).	(Suma de aprobados / Total de inscriptos en Álgebra entre primer dictado y redictado) x 100.
Estudiantes aprobados en Análisis Matemático I-a.	Estudiantes aprobados sobre inscriptos en Análisis Matemático I-a.	Sistema SIU-Guaraní. Suma de listas de estudiantes aprobados por promoción y por examen final en las cuatro mesas correspondientes.	Porcentaje de estudiantes aprobados sobre inscriptos en Análisis Matemático I-a	(Suma de aprobados / Total de inscriptos en Análisis Matemático I-a) x 100.
Estudiantes recursantes en Álgebra.	Estudiantes recursantes en Álgebra sobre población total.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de recursantes en Álgebra en "Alumnos que recursaron una materia" (reporte: 818cur15) a fecha de cierre de inscripciones.	Porcentaje de estudiantes recursantes en Álgebra sobre población total.	(Suma estudiantes recursantes en Álgebra / población total) x 100.
Estudiantes recursantes en Análisis Matemático I-a.	Estudiantes recursantes en Análisis matemático I-a sobre población total.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de recursantes en Análisis matemático I-a en "Alumnos que recursaron una materia" (reporte: 818cur15) a fecha de cierre de inscripciones.	Porcentaje de estudiantes recursantes en Análisis matemático I-a sobre población total.	(Suma estudiantes recursantes en Análisis matemático I-a / población total) x 100.

Tabla 8 Especificaciones de la entidad permanencia, subconcepto estudiantes que realizan actividades curriculares.

ENTIDAD PERMANENCIA				
SUBCONCEPTO	Estudiantes que realizan actividades curriculares			
Estudiantes con regularidad vigente por año.	Estudiantes con regularidad vigente sobre población total.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de estudiantes regulares en el año corriente. Datos tomados al 31/01.	Porcentaje de estudiantes con regularidad vigente sobre población total.	(Suma estudiantes regulares / población total) x 100.

Tabla 9 Especificaciones de la entidad permanencia, subconcepto estudiantes que desertan.

ENTIDAD PERMANENCIA				
SUBCONCEPTO	Estudiantes que desertan			
Estudiantes con riesgo de deserción por año.	Estudiantes con riesgo de deserción sobre población total.	Sistema SIU-Guaraní. Listado de seguimiento de la matrícula entre año y año (reporte: 818mat41). Datos tomados al 31/12 o 31/01.	Porcentaje de estudiantes con riesgo de deserción sobre población total.	Matrícula 1° período - (egresados 1° período + re-inscriptos 2° período) / matrícula 1° período] x 100.

Tabla 10 Especificaciones de la entidad egreso, subconcepto estudiantes egresados.

ENTIDAD EGRESO				
SUBCONCEPTO	Estudiantes egresados			
ATRIBUTO	MÉTRICA	FUENTE / ORIGEN DATOS	INDICADOR	CÁLCULO INDICADOR
Estudiantes egresados por año.	Egresados sobre población total.	Sistema SIU-Guaraní. Cantidad de egresados en listado de seguimiento de la matrícula (reporte: 818mat41). Datos tomados al 31/12 o 31/01.	Porcentaje de egresados sobre población total.	(Suma de egresados / Población total) x 100.

Tabla 11 Especificaciones de la entidad post egreso, subconcepto desarrollo de graduados.

ENTIDAD POST EGRESO				
SUBCONCEPTO	Desarrollo de graduados			
ATRIBUTO	MÉTRICA	FUENTE / ORIGEN DATOS	INDICADOR	CÁLCULO INDICADOR
Graduados empadronados activos.	Graduados empadronados activos sobre el total de egresados.	Padrón electoral aprobado por la Junta Electoral de la UNLPam.	Porcentaje de graduados empadronados activos sobre el total de egresados.	(Total de egresados - Suma de egresados que no han votado en las últimas 4 elecciones / Total de egresados) x 100.
Graduados participantes en eventos institucionales.	Graduados participantes en eventos institucionales sobre el total de egresados.	Sistema de registro de participantes en eventos institucionales.	Porcentaje de graduados participantes en eventos institucionales sobre el total de egresados.	(Suma egresados participantes en eventos institucionales. / Total de egresados) x 100.

4. CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha desarrollado un modelo teórico que da soporte a la generación de un tablero de control como sistema integral de información académica de la FI-UNLPam.

De las actividades estipuladas en la estrategia de medición, evaluación y mejora continua de calidad (GOCAME+), se llevaron a cabo sólo las actividades de diseño, considerando las necesidades y objetivos a evaluar y que en esta primera etapa permitieron obtener indicadores considerados prioritarios. Se realizó el diseño de la medición y de la evaluación, así como también se especificaron las fuentes de datos. Como actividades a desarrollar en trabajos posteriores, se encuentra la implementación de la medición y evaluación, que permitirán la construcción del tablero de control, y luego, a partir de los valores de indicadores resultantes y sus respectivos análisis, se diseñarán e implementarán acciones de cambio para la mejora continua.

5. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño actual de los indicadores está basado en una evaluación global de la población estudiantil; como posible mejora podría agregarse la diferenciación por carrera, permitiendo de tal modo un análisis más exhaustivo. En la presente investigación no se han considerado otras variables que, de forma individual o conjunta, podrían tener incidencia en el ingreso, permanencia, egreso y post egreso de los estudiantes (variables exógenas a la institución académica, por ejemplo).

6. REFERENCIAS.

- [1] UNESCO. Chile.

Proyecto de intervención para la atención a la baja graduación oportuna en una Facultad de Ingeniería en Colombia, desde la Gestión Educativa Estratégica

Rodríguez Montenegro, Beatriz Lorena

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás
dec.ingindustrial@usantotomas.edu.co

RESUMEN

Este artículo le permitirá al lector conocer cómo se debe desarrollar una estrategia de intervención desde lo estratégico hasta lo operativo aplicando una correcta gestión educativa. El caso de estudio que se presentará en este trabajo es de la Facultad de Ingeniería Industrial de la sede principal de la Universidad Santo Tomás en Bogotá Colombia, quien en el desarrollo del método identificó que la Graduación oportuna de sus estudiantes está categorizado como un problema complejo dentro de la misma y que requería intervención.

El enfoque metodológico empleado para la intervención es el método de las siete etapas de Pozner, el cual requiere de un diagnóstico amplio de la Facultad para identificar qué indicadores estratégicos se deben evaluar dentro de la misma y desde allí se define el norte del trabajo a desarrollar. Las siete etapas permiten al lector entender la metodología explicada por Pozner y aplicada en este trabajo de intervención.

Este trabajo permite concluir que todo proyecto que desarrolle un programa de Ingeniería debe ser revisado a la luz de la planeación estratégica, táctica y operativa. Los proyectos están para gestionarlos estratégicamente y esta gestión se puede llevar a cabo mediante una buena aplicación del método de las siete etapas.

Palabras Claves: gestión educativa estratégica; Método de Pozner, Intervención, graduación oportuna

ABSTRACT

This article will allow the reader to know how an intervention strategy should be developed from the strategic to the operational, applying correct educational management. The case study that will be presented in this work is from the Faculty of Industrial Engineering of the Santo Tomas University headquarters, who in the development of the method identified that the timely graduation of its students is categorized as a complex problem within the itself and required intervention.

The methodological approach used for the intervention is Pozner's seven-stage method, which requires a broad diagnosis of the faculty to identify which strategic indicators should be evaluated within it, and from there the focus of work to be developed. The seven stages allow the reader to understand the methodology explained by Pozner and applied in this intervention work.

This work allows us to conclude that every project that develops an Engineering program must be reviewed in the light of strategic, tactical and operational planning. The projects are to be managed strategically and this management can be carried out through a good application of the 7-stage method.

Key words: strategic management; Pozner method, intervention, education, timely graduation

1. INTRODUCCIÓN

El método de las siete etapas es una herramienta práctica para un ejercicio de intervención en Gestión Educativa ya que permite en forma secuencial ir desde la planificación estratégica, pasar por la táctica y llegar a la operativa; garantizando un camino correcto de intervención y logrando un buen resultado sobre la estrategia empleada; adicional a esto permite que el problema identificado sea interiorizado por el equipo de trabajo y por lo tanto tenga resultados medibles, alcanzables y efectivos para resolver la problemática identificada.

Para la Universidad Santo Tomás la graduación oportuna cobra una alta relevancia en la alta calidad, [1] es por esto por lo que, para el equipo de aseguramiento de la calidad de la Facultad de Ingeniería Industrial, fue un tema, que además de tener una relación directa con los indicadores que la Facultad identificó como débiles, genera en el equipo un alto interés para garantizar que los índices de graduación oportuna se eleven con el tiempo. El método de las siete etapas de Pozner, lleva a resolver este problema por la facilidad de su aplicación que le permite al gestor pasar etapa por etapa, decidiendo y depurando la estrategia de intervención al punto que por cada etapa se logran resultados de alto impacto para la gestión estratégica educativa del Programa.

Para aplicar la metodología de las siete etapas es necesario dividir la metodología en tres objetivos comprender el problema, crear una estrategia de solución y lograr el mejoramiento. Fue así como siguiendo el método de Pozner la Facultad decide pasar a una planeación táctica y operativa, y con la claridad de una estrategia planteada al detalle propone un diseño de intervención aplicando herramientas como el diagrama de Gantt y de Pert que le permite al gestor tener claro que tipos de actividades deberá llevar a cabo para ejecutar esta estrategia. El diagrama de Gantt es una herramienta que permite modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Debido a la relativa facilidad de lectura de los diagramas de Gantt, esta herramienta es utilizada por casi todos los directores de proyecto en diversos sectores. El diagrama de Gantt permite al director de proyecto realizar una representación gráfica del progreso de la misión. También es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.[2]

Otra de las herramientas utilizadas fue el diagrama de flujo del proceso identificado, que permitió comunicar de modo convincente la visión de la estrategia. El diagrama de flujo del proceso general se desprende en cuatro etapas. La etapa 1 de ellas. Actualización del procedimiento de opción de grado, etapa 2. Análisis de las capacidades de recurso humano de la facultad; etapa 3. Definición de la estrategia para el acompañamiento en la opción de grado y etapa 4. Diseño de estrategia de orientación vocacional. Por último, se revisaron muy bien los hitos decisivos del anterior y se diseñó por cada uno las personas que están evaluándolos, como se levantarán datos y cuál será la metodología para llevar la estrategia de intervención a cabo. Se realizó un plan de evaluación estratégica y un plan de seguimiento operativo con la intención de garantizar que la intervención desarrollada en la estrategia y los puntos de control estén controlados durante todo el proceso.

1.1. Antecedentes

La Administración Escolar aún se encuentra vigente en las altas esferas directivas de los centros educativos, quienes siguen gestionándolos bajo un estilo gerencial rígido, y con falta de innovación. Es por esto por lo que los líderes de las instituciones de educación superior estamos llamados a trabajar desde un enfoque de “gestión educativa”, entendiendo que la gestión refiere un proceso de articulación compleja de actividades, aptitudes, intereses y capacidad general de los miembros para la sistemática toma de decisiones y concreción de acciones hasta el logro de los resultados. [3] para transformar desde adentro y con un grupo de gestores educativos comprometidos con este tipo de administración; esto con el objetivo de formar para la vida, con visión y con la intención de proporcionar espacios de innovación a los docentes y estudiantes de las IES, para garantizar profesionales íntegros dentro del proceso formativo. [4]

Bajo esta premisa es importante entender que un gestor debe entrar a intervenir las IES comprendiendo los problemas a los que se puede ver enfrentada; entiendo por problema una “cuestión que se trata de aclarar, proposición o dificultad de solución dudosa” (Real Academia Española). Viendo un problema de forma holística y desde la raíz, recordando que este se origina por un malestar, al identificar una dificultad o al entorpecer una necesidad, para solucionar un problema de raíz lo ideal es que sea solucionado por etapas que deriven en estrategias de intervención que según Pozner, le permita al equipo gestor comprender el problema; seleccionar los indicadores que lo registran objetivamente, delimitar su manifestación, estudiar su historia, analizar y sintetizar sus causas.[5] de esta manera *comprender el problema hará que se aprenda del problema*. Este método le explicará al gestor qué hacer, y no solamente trabajar sobre los “cómo hacer”.

Para garantizar un norte en la Educación en Ingeniería es necesario tener en esos cargos directivos grandes líderes capaces de transformar la Administración escolar por Gestión Educativa. **Las ingenierías están llamadas a transformar sociedades según sus necesidades** y para esto se requiere *innovar de forma permanente* como un proceso sistemático que vaya en camino a la mejora continua, la profesionalización de acciones educativas y que sea capaz de identificar fortalezas y debilidades que le permitan al educador ambientes de reflexión, decisión y liderazgo pedagógico; especialmente con el objetivo de construir redes de cooperación entre las partes interesadas.

Para entender cómo gestionar la educación en ingeniería es importante tener claridad sobre cómo se entienden y ejecutan la Administración escolar y la gestión educativa. La primera genera estabilidad, rigidez en los procesos y un alto control, mientras la segunda reconoce que existe incertidumbre desde el comienzo la cual la se puede reconocer y aprender a trabajar en ella para ser aplicada en los diferentes contextos y sociedades donde se aplique. La gestión educativa no es un acto administrativo más, aunque gestionar implique administrar y se requiera esta para una buena operación organizacional no se puede ver como una gestión por procesos que lleve a la IES a generar documentos, formatos, informes para llevar a cabo sus actividades, que lo que conlleva es a la confusión del empleado y a frenarlo ante el proceso de innovación natural al que debe enfrentarse un educador.

La administración escolar se entiende con sistemas de gestión de calidad rígidos o flexibles pero que le dan a la IES la posibilidad de administrar su sistema como una empresa. Pero si se complementan, cuando una IES ve en esta aplicación de los sistemas la posibilidad de llevar a cabo procesos de mejora continua en su gestión educativa. La administración escolar trae consigo tareas de la administración con la teoría clásica de las organizaciones poniendo a las escuelas en igualdad de condiciones de administrar como una empresa definiendo la administración escolar como “actividades que se refieren al planteamiento, la instrumentación, coordinación, gestión y control de servicios”. [6] Dentro de la administración escolar no funciona manejar la escuela como una empresa, y muchos menos burocratizarla al nivel de no poder tener a su personal, a su academia pensando en innovación de procesos al interior de sus aulas. No funciona que sea un modelo rígido de organización, es por esto por lo que se debe pasar de administración a gestión.

Según la definición de Pilar Pozner, la gestión educativa estratégica es vista como un conjunto de procesos, teórico – prácticos e integrados horizontal y verticalmente dentro del sistema educativo, para cumplir con mandatos sociales. [7] Es importante hacer énfasis en la integralidad de los procesos. Es fundamental para una IES cuya gestión vaya encaminada a la necesidad de la academia y esto solo se logra si se integra vertical y horizontalmente como lo propone Pozner; Por otro lado, es fundamental integrar a esta definición la parte social. Sin entender las necesidades de la sociedad sería imposible gestionar la educación.

Gestionar es reconocer desde el inicio que existe incertidumbre originada por los cambios de los contextos de intervención, tensión, ambigüedades y conflictos inevitables, donde los autores más importantes (los docentes) son quienes toman decisiones de forma permanente. La gestión educativa deja de funcionar en el momento en que un educador que pretenda gestionarla deje de tener la mirada de educador, no la viva, ni la padezca y peor aún no aspire a una mejor educación. En ese momento la gestión educativa pierde su finalidad.

De esta manera, la diferencia entre administración y gestión se basa en la comprensión y tratamiento de las unidades y las problemáticas educativas, seguir los modelos de educación escolar no sería suficiente porque cada vez las sociedades son más complejas y requieren ser diferenciadas. A raíz de esta diferencia, la gestión educativa debe ser diferente para cada IES, no puede basarse en uniformidades, por la complejidad de cada centro educativo. Ahora bien Gestionar una Facultad de Ingeniería implica diversas actividades estratégicas, tácticas y operativas que se dan en torno a las funciones sustantivas de Investigación, Docencia y Extensión en una Institución de Educación Superior [8]

1.2. Enfoque metodológico

Para aplicar la metodología de las siete etapas es necesario dividir la metodología en tres objetivos, el primero de ellos será “**Comprender el problema**” el cual se desarrolla mediante la etapa 1, Identificar el problema y la etapa 2. Explicar el problema. El segundo objetivo es “**Crear una estrategia de solución**”, esta estrategia debe estar apoyada en fortalezas, que minimicen los efectos negativos y que aseguren logros reales; para resolver este objetivo se deben aplicar las siguientes tres etapas. La etapa 3; idear las estrategias alternativas; la etapa 4, decidir estrategias y etapa 5, diseñar la intervención. El último objetivo de la metodología es “**Lograr el mejoramiento**” del problema permitiendo además la transferencia y acumulación de los conocimientos aprendidos. Este último objetivo se resuelve con las dos últimas etapas. La etapa 6, desarrollar la intervención y

la etapa 7, evaluar los logros. A continuación, se describe y explica el método de las 7 etapas con el objetivo de resolver el problema de intervención identificado en la Universidad Santo Tomás: Metodología de resolución en siete etapas, Pozner (2000): 1. Identificar el problema, 2. Explicar el problema, 3. Idear estrategias alternativas de intervención, 4. Decidir la estrategia, 5. Diseñar la intervención, 6. Desarrollar la intervención y 7. Evaluar los logros. Empezamos la descripción y explicación con cada una de las etapas brindando un acercamiento a la resolución del problema identificado:

1.2.1 Identificar el problema

Para identificar el problema el gestor debe tener claro que es necesario hacer, cual es el objetivo, identificar cual es la problemática de la IES que requiere de mejoramiento, delimitarla y explicarla. Para esto se sugiere dos pasos: El primero, estudiar y caracterizar el problema y el segundo, recuperar el horizonte de intervención.

Para el primer paso, el gestor deberá levantar datos y conocer los indicadores de desempeño que se han usado para ese problema, se deberá identificar el alcance del problema, delimitar el área y la población de influencia. Lo ideal es que se compare las situaciones con otras regiones. Para el caso de la Universidad Santo Tomás como ejemplo de caso de estudio, lo ideal es comparar a Bogotá con las otras sedes y seccionales que tienen ingenierías en su oferta de programas académicos. La forma más clara de delimitar el problema es pensar en las siguientes dimensiones: naturaleza, localización, magnitud o extensión; focalización o segmentación y permanencia o historia.

Para el segundo paso se recomienda que se identifiquen los objetivos estratégicos de política educativa que son afectados producto del problema y que se formule con un breve detalle acerca de cuál sería la situación ideal luego de la intervención. Pensar en la situación ideal lleva a una meta y esto genera un enfoque y dirección a toda las estrategias y acciones de intervención y orienta al equipo. Para identificar estos objetivos y con la intención que todas las partes involucradas participen en el proceso se deberá integrar al proceso a los docentes, directivos y estudiantes. De esta manera logramos que el problema se haga visible a los integrantes del equipo gestor

1.2.2 Explicar el problema

La explicación del problema lleva al equipo gestor a profundizar en la comprensión de este, elaborar una explicación satisfactoria y fundamentada de sus causas y es el primer paso para definir en qué se puede basar las estrategias de intervención. El enfoque de una explicación de problema es identificar las “causas” y para esto se requiere recopilar información y según Pozner esta información se puede recopilar de la siguiente manera.

Primer paso: Identificar todos los factores potenciales que pueden causar el problema: para esto se puede emplear una lluvia de ideas con todos los implicados, o emplear otra herramienta que permita tener esta información. Segundo paso: Formular un modelo explicativo para la intervención: La formulación de este modelo se puede desarrollar mediante un diagrama de Pareto que permita concentrarse en los problemas y determinar prioridades para tomar decisiones. Tercer paso: Seleccionar las causas más relevantes. La forma de seleccionar esta causa puede ser mediante un diagrama causa. – efecto o espina de pescado.

El enfoque de este método es decidir una estrategia para la intervención teniendo claro los aspectos sobre los que hay que decidir.

1.2.3 Idear estrategias alternativas de intervención

El enfoque en estrategias alternativas de intervención requiere que los gestores den paso libre a la creatividad de su equipo de trabajo, aquí las estrategias deben ir acompañadas de ideas innovadoras, que permitan proponer soluciones heurísticas al proceso. Los pasos para desarrollarla son dos.

El primero: Proponer soluciones: en este punto el gestor puede usar varias herramientas que le permitan recoger toda la información que proporcione su equipo con ideas innovadoras y la segundo: pasar de acciones a estrategias para esto debe aplicar un enfoque estratégico haciendo la propuesta del corto al largo plazo.

1.2.4 Decidir la estrategia

No habrá una única estrategia ideal, pero si es importante que como equipo de gestores educativos se decida la estrategia más efectiva para lograr el mejoramiento de la situación que se está presentando como problema. Para el autor la mejor estrategia es aquella que parte del

reconocimiento de las mayores debilidades del sistema o de la situación y que apoyándose de las fortalezas, reconoce ese punto crucial que posibilitaría una profunda transformación y acrecentaría la capacidad institucional de lograr sus propósitos. Para elegir esa única estrategia se proponen metodologías, entre las cuales se puede plantear una matriz de elección de estrategia según factores causales que permitirá tomar la mejor decisión mediante una decisión de factibilidad

1.2.5 Diseñar la intervención

La intervención es una programación de todas las acciones, roles, acuerdos, decisiones auxiliares, plazos, instrumentos, métodos y asesoramientos necesarios para llevar adelante el proceso de mejoramiento. Para el diseño de la intervención se proponen dos pasos. El primer paso es Establecer las acciones, plazos y recursos y el segundo, dividir el trabajo en roles y delegar responsabilidades. Para esto último se debe tener presente las competencias profesionales que se requieren y conocer muy bien el equipo que conforma la estrategia para garantizar el mejor resultado

1.2.6 Desarrollar la intervención

El desarrollo de la intervención es el momento clave de la metodología, es el momento de implementar la estrategia elegida, para esto se requiere de una persona líder que motive e inspire a los integrantes o actores del proceso a llevar a cabo la estrategia, que sea capaz de comunicar de modo convincente la visión de la estrategia y que esta es un camino posible y claro para la transformación. Para el desarrollo de la intervención se proponen dos fases: La primera Poner en marcha el programa y la segunda, monitorear y regular el desarrollo de la intervención.

1.2.7 Evaluar los logros

El último paso de la metodología es evaluar los logros, aunque la evaluación es constante en esta etapa se deben diseñar los objetivos de evaluación, las técnicas de levantamiento de datos, los tiempos que durará la evaluación, las personas que participarán en ella y fundamentalmente las modalidades en que los resultados serán comunicados y decidir la estrategia de investigación – evaluación y desarrollar el trabajo de recopilación y análisis

1.3. Resultados

La Facultad de Ingeniería Industrial desarrolló la estrategia de intervención aplicando el método de las siete etapas teniendo claro los tres objetivos para el desarrollado de la misma. Para comprender el problema se partió del diagnóstico de la Facultad, utilizando la herramienta de evaluación organizacional, de esta manera se identificaron tres indicadores que requerían evaluación urgente, Horizonte educativo compartido; Apertura al aprendizaje y la innovación y Habilidades para trabajar en lo complejo. El comité de aseguramiento de la calidad decidió trabajar en equipo en un problema complejo de acción inmediata y que requiere atención relacionado con la *baja graduación oportuna de los estudiantes de la facultad*. Este problema hace parte del plan de autorregulación de la Facultad, dentro del factor 4. Procesos académicos que tiene asociada una acción de mejora declarada como: “Diseñar junto con la Unidad de Desarrollo Integral Estudiantil estrategias para la permanencia y la graduación oportuna dirigida a estudiantes del programa de Ingeniería industrial que aportan a los escenarios deseables de la permanencia estudiantil y graduación oportuna de la Universidad Santo Tomás. [9]

Para determinar la estrategia de intervención y resolver el problema se siguió paso a paso el método de Pozner, pasando primero por la explicación del problema, aplicando la técnica del árbol problema, se identificaron las causas más relevantes y las consecuencias de dichas causas como se evidencia en la figura 1 Árbol problema para la baja graduación oportuna de la intervención.

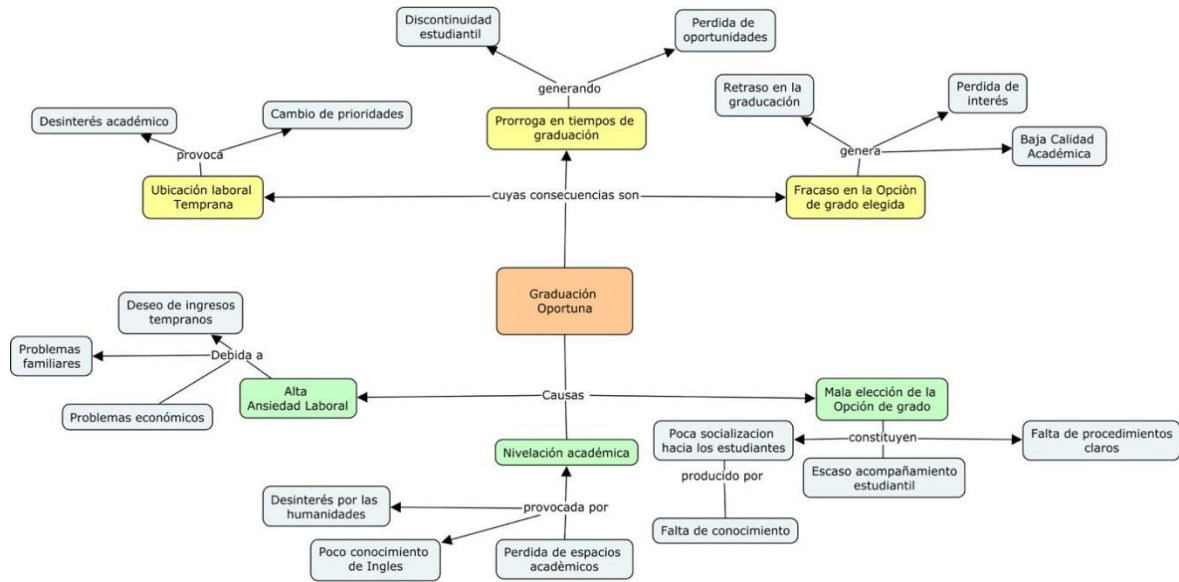


Figura 1 Árbol problemas para la baja graduación oportuna de la intervención

Con esto se logró tener claras las variables causales que llevaban a generar el problema, mediante una matriz de impactos cruzados se identificaron las variables en zona de conflicto a trabajar, las cuales fueron: Nivelación académica y Mala elección de la carrera y Acompañamiento durante toda su carrera.

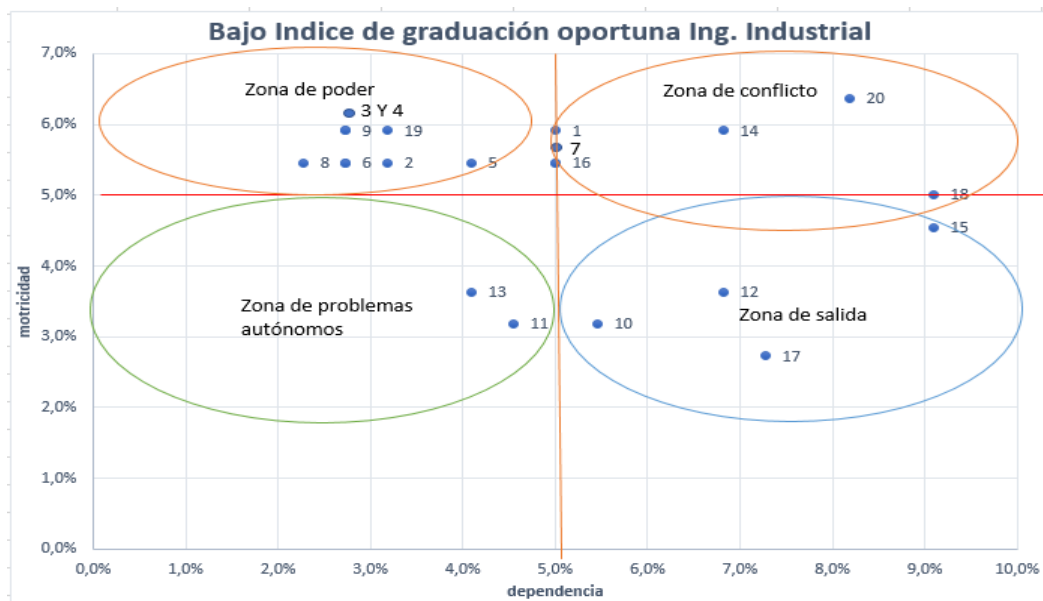


Figura 2 Matriz de referencia de impactos cruzados

Dentro de las variables de la zona de conflicto en el campo de acción de la gestión educativa se encuentra la número **1. Nivelación académica** y la variable número **16. Mala elección de la carrera**. Estas dos variables están estrechamente relacionadas con la gestión educativa desde el inicio de la formación del estudiante. Es fundamental que él haga una buena elección de la carrera para evitar que en el transcurso de esta pierda el interés y desista de su graduación, lo cual lleva al estudiante a perder la continuidad en sus estudios trayendo como consecuencia una graduación tardía.

La variable que tiene mayor incidencia en el problema es la Nivelación académica, pero esta variable no es fácil atenderla con el menor tiempo ya que requiere revisar diferentes factores por lo tanto se consideró que lo mejor era tratar la variable de la mala elección de la carrera la cual se puede atender con un acompañamiento temprano al estudiante sobre la elección correcta de su carrera que le permita tener seguridad sobre lo que va a desarrollar durante sus próximos años de estudio.

Dentro de las variables identificadas en el ámbito de acción considero que deben ser modificadas las variables que se encuentran entre la zona de conflicto y la zona de salida y aunque la variable 5 está más en la zona de poder que en la de conflicto considero que también debe ser modificada ya que depende de la facultad dar una buena orientación sobre las opciones de grado del estudiante

y por supuesto un acompañamiento durante toda su carrera, identificado en la variable 7, que se encuentra en la zona de conflicto.

Con estas tres variables en zona de conflicto el método sugirió que se idearan estrategias alternativas de intervención y junto con la creatividad del grupo de trabajo se propusieron diferentes ideas para intervenir. *Entre las ideas propuestas se encuentran: Idea 1. Cursos de orientación vocacional temprana; Idea 2. Acompañamiento estudiantil efectivo al final de la carrera e Idea 3. Alertas tempranas para garantizar la nivelación académica.* Cada idea se analizó según una matriz que contenía la siguiente información: Descripción de la idea, con las acciones que realizarían y los actores educativos involucrados; los obstáculos a los que se enfrentaría la institución; las resistencias que se presentarían entre los actores educativos involucrados; los recursos que se requieren para llevar a cabo la idea; las normas y procedimientos institucionales que se verían afectados al llevar a cabo la idea; y las normas y procedimientos institucional que se deben llevar a cabo en caso de no existir.

Se consideró que las tres ideas se pueden trabajar en paralelo para garantizar un buen trabajo con los estudiantes en su etapa formativa y llevarlos a un buen grado; pero es fundamental centrarse en la primera y la segunda. La primera porque la orientación vocacional es fundamental para que el estudiante se encuentre motivado durante toda la carrera; por lo tanto, los cursos de orientación vocacional temprana le garantizarían a la Facultad que todo estudiante que esté en Ingeniería industrial tiene claro su carrera y lo que involucra cursarla. Y la idea número dos tiene un trabajo fuerte del equipo de la Facultad y es un acompañamiento antes, durante y después de su proceso formativo que garantice la mejor decisión de la opción de grado elegida para concluir su carrera.

Posterior a esta lista de ideas se entró a definir la estrategia mediante las siguientes matrices de elección de estrategias según factores causales, en esta etapa se emplearon la aplicación de diferentes técnicas de relación que permitieron mediante dos matrices tener claro cómo se decidiría la estrategia ideal para este problema a desarrollar., teniendo en cuenta las fortalezas reconocidas como el punto crucial para una transformación.

Se desarrolla la matriz de elección de estrategias según factores causales analizando las tres ideas con factores causales a corto, mediano y largo plazo según: recursos; recurso humano y profesional; método, cultura y contexto social y local.

Tabla 1 Matriz de elección de estrategias según factores causales

	ESTRATEGIA CURSOS DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL TEMPRANA	ESTRATEGIA ACOMPAÑAMIENTO ESTUDIANTIL EFECTIVO AL FINAL DE LA CARRERA PROFESIONAL	ESTRATEGIA ALERTAS TEMPRANAS PARA GARANTIZAR LA NIVELACIÓN ACADÉMICA
RECURSOS	<p>Corto plazo Herramientas lúdicas para la ingeniería industrial en los colegios. Pruebas vocaciones gratuitas socializadas y apropiadas por la facultad. Mediano plazo Curso virtual desarrollado por Moodle Largo plazo Fortalecimiento de los laboratorios de la facultad definiendo guías de laboratorio para orientación</p>	<p>Corto plazo Espacios físicos para la socialización y orientaciones pertinentes. Mediano plazo Espacio de orientación vocacional físico con docentes expertos en un espacio cómodo de trabajo Acceso a las plataformas de la bolsa de empleo por parte del docente de egresados. Largo plazo</p>	<p>Corto plazo Mediano plazo Sistema de información que permita identificar los estudiantes desnivelados en todo espacio académico. Informar el número de reintegros que ha tenido los estudiantes en el sistema (mejorar de comunicación desde el sistema) Largo plazo Aplicar convenciones en el SAC al momento de digitar la nota y matricular espacios académicos.</p>
RECURSOS HUMANOS	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo

Y PROFESIONALES	Promotores del programa de Ingeniería industrial Docentes especializados en la orientación vocacional Mediano plazo Formación de docentes en orientación vocacional Largo plazo	Asignación de opción de grado a docentes según las temáticas y la experticia del docente. Capacidad de los recursos humanos que cuenta la facultad para la oferta de opciones de grado. Mediano plazo Profesional especializado que de Orientación al mercado laboral del estudiante de Ingeniería Industrial. Largo plazo	Docentes consejeros por nivel de intervención Fortalecimiento de los monitores académicos Mediano plazo Largo plazo
MÉTODOS	Corto plazo Entrevista del aspirante con enfoque vocacional Aplicar los lineamientos de ingreso del aspirante declarados en el documento maestro de la facultad Mediano plazo Ajustar el tipo de entrevista realizada a neos y darle mayor flexibilidad . Largo plazo Entrevista tipo assessment (tipo estudios de casos)	Corto plazo Metodología para el proceso de opción de grado que complemente el procedimiento. Revisión de buenas prácticas de los asesores de trabajo de grado. Mediano plazo Guía para realizar trabajos de grado de forma efectiva. Revisar las bolsas de empleo para garantizar el perfil que requieren las empresas. Revisión de la apropiación del procedimiento antes de ingresar a la opción de grado. Ajustar el procedimiento como tal con el inicio y fin de cada una de las opciones de grado mediante infografías. Largo plazo Reconocimiento interno o externo a las diferentes opciones de grado	Corto plazo Disminuir el levantamiento de prerequisites y ser más exigentes con el plan de estudios. Mejorar los procedimientos desde la UDIES para garantizar mecanismos de control en las monitorias. Mediano plazo Dividir al estudiante en cuatro momentos diferentes (inicio: validar vocación del ingeniero industrial; mitad: en ciencias básicas, tercer cuarto; materias de humanidades y ciencias básicas; último: al final de su carrera) generando consejeros por cada fase. Largo plazo
CULTURA	Corto plazo Proyectar el número de estudiantes neotomasinos en el marco de la calidad y no de las metas de estudiantes Mediano plazo Largo plazo	Corto plazo Trabajar con el estudio la cultura de compromiso con su proceso de formación. Sensibilización a los estudiantes del impacto de su opción de grado. Sensibilización de la información de los procedimientos de forma accesible para estudiantes. Lectura y apropiación de los docentes y estudiantes de los procedimientos Mediano plazo Largo plazo	Corto plazo Eliminar el levantamiento de prerequisites en las matrículas de los estudiantes. Eliminar la aprobación de exámenes de suficiencia. Eliminar la cultura de las equivalencias con espacios académicos. Mejora en la dinámica y desempeño de los monitores académicos. Mediano plazo Largo plazo
CONTEXTO SOCIAL Y LOCAL	Corto plazo Mediano plazo	Corto plazo Crear conciencia del compromiso y el impacto de su trabajo de grado a la	Corto plazo Se debe dar claridad a los estudiantes a los cinco o

	Definir adecuadamente el nicho de mercado al que pertenece la Universidad Santo Tomás. Largo plazo	comunidad y a su formación profesional Mediano plazo Largo plazo	cuatro años de formación durante su carrera. Mediano plazo Integrar a la UDIES en el proceso de acompañamiento académico. Largo plazo
--	---	--	--

Esta información se analiza de forma cuantitativa mediante la matriz de evaluación de estrategias alternativas según cinco criterios generales: Fortaleza en las que se apoya; eficacia, costo y rentabilidad, dificultad tecnológica y consenso y legitimidad. El resultado de este proceso fue que la estrategia con mayor puntaje y viabilidad de intervención es la estrategia **de acompañamiento estudiantil efectivo al final de la carrera profesional**

A continuación, se presenta la Matriz de evaluación de las estrategias alternativas según cinco criterios generales.

Tabla 2 Matriz de evaluación de estrategias alternativas según criterios generales

	Fortalezas en las que se apoya	Criterio de éxito (eficacia)	Criterio de costo / rentabilidad	Criterio de dificultad tecnológica	Criterio de consenso y legitimidad	TOTAL
Estrategia CURSOS DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL TEMPRANA	1	2	2	2	2	9
Estrategia ACOMPAÑAMIENTO ESTUDIANTIL EFECTIVO AL FINAL DE LA CARRERA PROFESIONAL	3	3	2	3	3	14
Estrategia ALERTAS TEMPRANAS PARA GARANTIZAR LA NIVELACIÓN ACADÉMICA	2	3	2	2	3	12

Fue así como siguiendo el método de Pozner la Facultad decide pasar a una planeación táctica y operativa, y con la claridad de una estrategia planteada al detalle propone un diseño de intervención aplicando herramientas como el diagrama de Gantt y de Pert que le permite al gestor tener claro que tipos de actividades deberá llevar a cabo para ejecutar esta estrategia. El desarrollo de intervención fue muy interesante y le permitió al equipo de trabajo tener claridad sobre los hitos de decisión dentro del proceso.

La utilización de un diagrama de flujo de este proceso permitió comunicar de modo convincente la visión de la estrategia. El diagrama de flujo del proceso general se desprende en cuatro etapas. La primera de ellas. Actualización del procedimiento de opción de grado, Etapa 2. Análisis de las capacidades de recurso humano de la facultad; etapa 3. Definición de la estrategia para el acompañamiento en la opción de grado y Etapa 4. Diseño de estrategia de orientación vocacional. Por último, se revisaron muy bien los hitos decisivos del anterior y se diseñó por cada uno las personas que están evaluándolos, como se levantarán datos y cuál será la metodología para llevar la estrategia de intervención a cabo. Se realizó un plan de evaluación estratégica y un plan de seguimiento operativo con la intención de garantizar que la intervención desarrollada en la estrategia y los puntos de control estén controlados durante todo el proceso

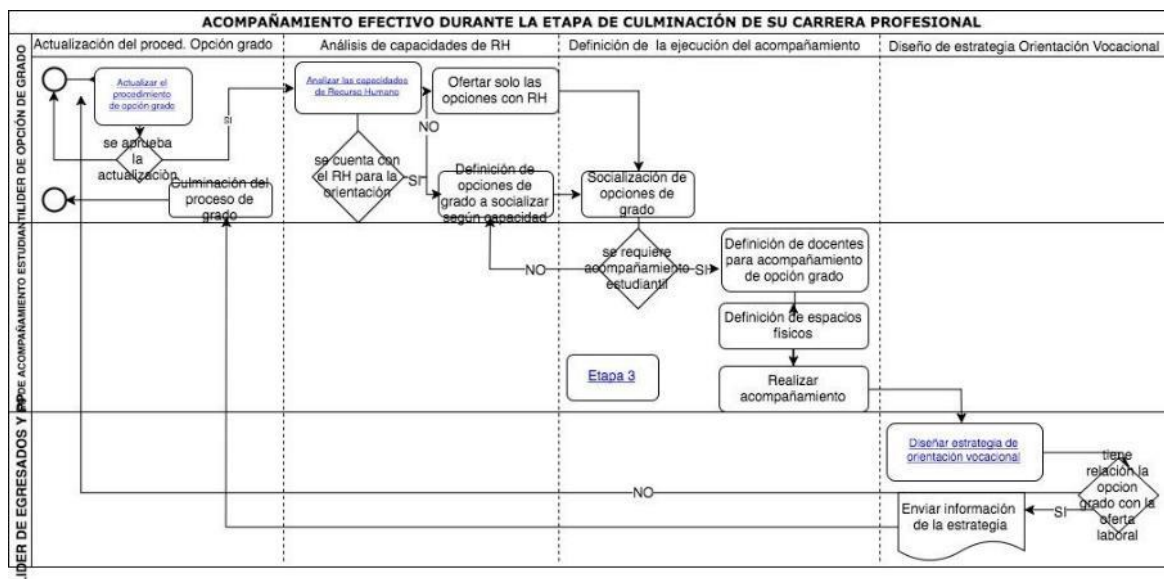


Figura 1 Diagrama de flujo de la estrategia principal.

2. CONCLUSIONES.

- Con esta intervención se puede evidenciar que el método de Pozner de las siete etapas, puede ser empleado en cualquier tipo de problema de intervención que presente un programa de Ingeniería, es un método sencillo que permite que los programas académicos pasen de ser administrados a ser “gestionados estratégicamente”.
- Es un método de alta apropiación, es por esto por lo que resulta fundamental que sea trabajado por medio de cuerpos colegiados multidisciplinarios que integren a la comunidad académica permitiéndoles participar de forma activa en la elección del problema a intervenir, de la estrategia a desarrollar y por supuesto del método para desarrollarla.
- Es importante que este método de las siete etapas sea evaluado por los gestores educativos, en especial los Decanos de Facultad o Directores de Programa y se aplique para determinar los proyectos que llevan a cabo los programas académicos cada año para garantizar la correcta evaluación de su gestión en los diferentes espacios.

3. REFERENCIAS.

- [1] Herrera, L. O. (2013). *Determinantes de la tasa de graduación y de la graduación a tiempo en la educación superior de Colombia 1998-2010*
- [2] Martínez, P. D. R. E., & Padón, E. I. Á. *Herramientas de control y evaluación de proyectos para la toma de decisiones en el proceso administrativo.*
- [3] Lusquiños, C. (2016). *Gestión educativa: conceptualización y diferenciación de la organización y la administración clásicas. Páginas. Revista de la Escuela de Ciencias de la Educación, (5).*
- [4] García Colina, F. J., Juárez Hernández, S. C., & Salgado García, L. (2018). *Gestión escolar y calidad educativa. Revista Cubana de Educación Superior, 37(2), 206-216.*
- [5-7] Pozner, P. (2000). *Modulo N 7- " Resolución de problemas". IIPE-Buenos Aires-UNESCO y Ministerio de Educación de la Nación.*
- [6] Casassus, J. (2000) *Problemas de la gestión educativa en América Latina (la tensión entre los paradigmas de tipo A y el tipo B). UNESCO. Recuperado de http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001%5CFile%5Ccasassus_problemas.pdf*
- [8] Guzmán, H. H. M., & Montenegro, B. L. R. (2017). *Impacto de la gestión de facultades de ingeniería en su desarrollo curricular.* Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.
- [9] Hernández, Ó., Mogollón, E., Ramírez, M., & Sierra, H. (2017, November). *Escenarios deseables de la permanencia estudiantil y graduación oportuna en la Universidad Santo Tomás de Colombia: Resultados Fase I.* In *Congresos CLABES*

Agradecimientos

Como autora de este trabajo deseo agradecer a la Universidad Santo Tomás de la ciudad de Bogotá en Colombia, al Comité de aseguramiento de Calidad de la Facultad de Ingeniería Industrial y al líder de comité de grados que hicieron posible esta propuesta de intervención desde la Facultad, que puede ser replicable a otras Facultades de ingeniería con características similares. Por otro lado agradezco a la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI y al Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica de la ciudad de México CIIDET quienes propiciaron el Diplomado en gestión educativa estratégica y resolución de problemas que dio origen a este proyecto de investigación permitiendo que varios Directores, Decanos y docentes de Ingeniería del País conocieran y apropiaran el método para beneficio de sus organizaciones



Gestión de Operaciones y Logística

	Título del Trabajo	Código
	Predicción de contagios, recuperaciones y casos fatales de COVID-19 en Argentina a través del uso de modelos de regresión no lineal como base para la planificación de recursos hospitalarios	CO20-C01
	Implementación de un sistema de gestión de inventario en una empresa comercializadora de productos de belleza para mejorar su servicio al cliente.	CO20-C02
	Implementación de una metodología de distribución de planta en un taller de fabricación de maquinaria agrícola	CO20-C03
	Job Shop Flexible con solapamiento de operaciones y mano de obra restringida. Un caso de estudio.	CO20-C04
	Modelos de madurez en la Industria 4.0 y su aplicación en la costa del Río Uruguay	CO20-C05
	Sistemas de trazabilidad en pesquerías argentinas: desafíos de implementación para la sostenibilidad	CO20-C06
	Selección de proveedores en la minería del Litio en el NOA con lógica difusa y el modelo SCOR	CO20-C07
	Metodología para la selección de intervenciones viarias para reducción de la velocidad en arterias urbanas	CO20-C09
	Gestión de la Recolección de Residuos Informáticos en la ciudad de Rosario	CO20-C10
	Agregado de valor mediante incorporación de TIC's al proceso de facturación y cobro en una organización de salud	CO20-C11
	Mejora del proceso de seguimiento de cobros y reclamos en una organización de salud mediante simulación dinámica	CO20-C12
	Herramienta de simulación multi-paradigma para el estudio, diseño y optimización de redes logísticas	CO20-C14
	Análisis de situación actual y propuestas de mejora en el proceso de fabricación de redes de pesca	CO20-C16
	Metodología DMAIC aplicada en una citrícola	CO20-C17
	Propuesta de mejora en la gestión de almacén de una empresa de productos metalúrgicos de la ciudad de Mar del Plata	CO20-C18
	Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso productivo alimenticio por medio de simulación de eventos discretos	CO20-C21
	Aplicación del TPM, SMED, 5's en área de moldeo dentro de una empresa perteneciente a la cadena de las industrias aeroespaciales	CO20-C24
	Diseño de indicadores de gestión del transporte público de pasajeros a través de datos generados por sistema Sube – Caso de estudio ciudad de Paraná.	CO20-C25
	Problemática de la generación de Información en el análisis de Redes Sociales	CO20-C28
	Generación de todas las opciones de agrupamientos en función del tamaño del sistema en la MRP.	CO20-C30
	Validación y aplicación de un procedimiento para determinar recursos tecnológicos estratégicos	CO20-C34
	Bases para un plan nacional de logística	CO20-C35
	Determinación de la duración óptima de una campaña publicitaria mediante la difusión de la Información en servicios educativos de Universidades Peruanas	CO20-C36
	Optimización del plan agregado de producción en la elaboración de conservas de pescado por programación lineal entera	CO20-C37
	Tecnologías de soporte a las operaciones	CO20-C39
	Plan de acción para un modelo omnicanal: Aplicación en tiendas minoristas	CO20-C43

Predicción de contagios, recuperaciones y casos fatales de COVID-19 en Argentina a través del uso de modelos de regresión no lineal como base para la planificación de recursos hospitalarios

Cocconi, Miriam; Roark, Geraldina

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos
Av. Del Valle 5737

mcocconi@fio.unicen.edu.ar; groak@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN.

La OMS declara la enfermedad COVID-19 como una pandemia en marzo del presente año, cuando existían alrededor de 120.000 casos en más de 110 países del mundo. Dicha epidemia representa un gran desafío para las sociedades modernas, poniendo a prueba las capacidades de sus sistemas de la salud. Ante este escenario, es relevante predecir con antelación la evolución de la epidemia, para planificar los recursos hospitalarios críticos en pos de mejorar sus capacidades de respuesta ante la expansión del brote epidémico.

A tal efecto, el presente trabajo propone dos modelos predictivos para la estimación de la población de infectados acumulados, aplicado a casos de Argentina, mediante el uso de técnicas estadísticas de Regresión no Lineal. Sus resultados permiten estimar el grado de utilización de la capacidad de los sistemas de salud en cuanto a sus recursos críticos, tales como equipos de asistencia respiratoria mecánica y camas hospitalarias de terapia intensiva, los cuales exponen un alto riesgo de escasez.

Los modelos utilizados fueron Gompertz y Logística Generalizada, los cuales ante una situación con poca información, permiten obtener proyecciones de corto plazo con un ajuste significativo y a través del uso de pocos parámetros estimados con un exhaustivo análisis estadístico. Asimismo, su sencillez facilita la extensión de su aplicación a otros países o regiones.

Los resultados obtenidos respecto de la población de infectados acumulados en Argentina, han demostrado una muy buena concordancia con los valores suministrados por el Ministerio de Salud, alcanzando un coeficiente de determinación del orden del 99%. Esto indica que Gompertz y la Regresión Logística Generalizada son modelos predictivos adecuados para estimar la evolución de infectados de COVID-19 en el tiempo.

Palabras Claves: Modelo Gompertz, Regresión Logística Generalizada, COVID-19, Modelo predictivo.

ABSTRACT

The WHO declares the COVID-19 disease as a pandemic in March of this year, when there were around 120,000 cases in more than 110 countries around the world. This epidemic represents a great challenge for modern societies, testing the capacities of their health systems. Faced with this scenario, it is relevant to predict in advance the evolution of the epidemic, to plan critical hospital resources in order to improve their response capacities in the face of the expansion of the epidemic outbreak.

To this end, the present work proposes two predictive models for estimating the accumulated infected population, applied to cases from Argentina, through the use of Non-Linear Regression statistical techniques. Their results allow estimating the degree of utilization of the health systems' capacity in terms of their critical resources, such as mechanical ventilation equipment and intensive care hospital beds, which expose a high risk of shortages.

The models used were Gompertz and Generalized Logistics, which in a situation with little information allow obtaining short-term projections with a significant adjustment and through the use of few estimated parameters with an exhaustive statistical analysis. Likewise, its simplicity facilitates the extension of its application to other countries or regions.

The results obtained with respect to the accumulated infected population in Argentina, have shown a very good agreement with the values provided by the Ministry of Health, reaching a coefficient of determination of the order of 99%. This indicates that Gompertz and Generalized Logistic Regression are suitable predictive models to estimate the evolution of COVID-19 infected over time.

Key Words: Gompertz Model, Generalized Logistic Regression, COVID – 19, Predictive model.

1. INTRODUCCIÓN

Ante el desafío y la incertidumbre provocada por la pandemia COVID-19 a nivel mundial, es relevante el desarrollo de modelos estadísticos - matemáticos que permitan describir un patrón de comportamiento de la evolución de la pandemia, con finalidades predictivas, como base para brindar un soporte a la gestión de la crisis por parte de las autoridades sanitarias.

En este contexto, los modelos matemáticos más comúnmente utilizados a nivel mundial han sido los llamados modelos compartimentales SIR o SEIR. Dichos modelos se basan en ecuaciones diferenciales para describir la dinámica de los contagios en una población cerrada con N individuos. El primero de ellos divide a la población en tres grupos: Susceptibles (S), Infectados (I) y Recuperados (R). Mientras que el modelo SEIR, introduce un nuevo grupo a los anteriores, denominado Expuestos (E). La dinámica de ambos modelos considera que inicialmente los integrantes de toda una población son susceptibles (S) al patógeno. A partir de un infectado inicial, la población de susceptibles comienza a contagiarse con una determinada velocidad, pasando a ser parte de la población de infectados (I). En el Modelo SEIR, a aquellos infectados que por el periodo de incubación del patógeno no contagian se los agrupa en la población de expuestos (E). Tras un periodo de enfermedad activa, los que no fallecen pasan al estado de inmunes, conformando la población de recuperados (R), los cuales ya no pueden generar nuevos contagios [1],[2]. De esta forma, en ambos modelos la población susceptible va disminuyendo hasta que ya no se producen más contagios.

Tales modelos, generan predicciones significativas de la evolución de la epidemia, en el mediano y largo plazo, y son claves para analizar el impacto de diferentes escenarios relacionados con posibles estrategias de mitigación definidas por las autoridades gubernamentales para la ralentización la transmisión del virus en pos de evitar el colapso de los sistemas de salud.

La dificultad más relevante de estos modelos se relaciona con el requerimiento de una gran cantidad de parámetros para su aplicación, los cuales ante una nueva epidemia con altos niveles de incertidumbre y poca información, son difíciles de estimar con precisión. Tal situación genera en el corto plazo previsiones poco fiables, hasta alcanzar la adecuada sintonización de todos sus parámetros [3].

En este contexto, el presente trabajo plantea como objetivo el desarrollo de dos modelos predictivos de Infectados acumulados COVID-19 en Argentina, más sencillos que los modelos SIR y SEIR, que permiten obtener predicciones significativas en un menor plazo de tiempo.

Tales modelos corresponden a regresiones de tipo no lineales, basadas en las curvas de Gompertz y Logística Generalizada, las cuales requieren de una menor cantidad de parámetros para efectuar sus predicciones.

Los modelos propuestos, a través de sus estimaciones de infectados acumulados, permiten además obtener las predicciones de casos diarios, y de fallecidos y recuperados acumulados. Estas últimas predicciones son la base para estimar el total de casos activos sobre los cuales se determinan los requerimientos de recursos críticos de los sistemas de salud, tales como camas hospitalarias con equipos de respiración mecánica, utilizadas en las áreas de cuidados críticos (UCI), y las camas hospitalarias correspondientes a las unidades de terapia intensiva (UTI).

Los modelos propuestos se aplican al total del país, considerando los datos obtenidos de los informes diarios presentados por el Ministerio de Salud respecto de la evolución del covid-19 durante el periodo 20 de marzo a 1° de julio del año 2020.

2. MARCO TEÓRICO

La modelización matemática reúne un conjunto de representaciones, símbolos y relaciones que describen y traducen, a través de la simulación, manifestaciones diversas de la realidad. Modelizar matemáticamente implica formalizar, mediante un lenguaje objetivo, situaciones susceptibles de estudio [4], [5].

Los modelos matemáticos de Gompertz y Logística generalizada son muy utilizados en estudios demográficos para explicar el crecimiento de poblaciones [6],[7]. Dichos modelos permiten representar el tamaño de una población en el instante t mediante una curva de tipo sigmoidea con tres fases bien diferenciadas. Una fase inicial de aceleración que se caracteriza por una rápida velocidad de crecimiento hasta alcanzar un valor máximo en el punto de inflexión de la curva. Una segunda fase de desaceleración, en la que a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento comienza a disminuir, y una tercera fase lineal en la que la población en estudio deja de crecer, representando el tamaño máximo de dicha población [7],[8].

En investigaciones recientes, se sugiere que el uso de estos modelos matemáticos puede ser útil para estimar los requerimientos de equipos e infraestructura adicionales necesarios para mitigar un aumento en la demanda de servicios y recursos de los sistemas de salud durante el brote a gran escala de una enfermedad infecciosa [6]. En los siguientes apartados se aborda el marco conceptual de ambos modelos antes citados.

2.1 Regresión Logística generalizada.

La regresión logística generalizada ha sido muy aplicada para modelar crecimientos poblacionales. La misma puede ser utilizada en el pronóstico del crecimiento de casos infectados y/o decesos respectivamente. Un modelo básico de dicha curva tiene la ecuación n° 1:

$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-at+b}} \quad (1)$$

Siendo [9]:

- El parámetro M, el $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t)$ = la capacidad límite de la población
- El parámetro b, denominado parámetro de integración, cualquier número real positivo que depende de la condición inicial (N(0)).
- El parámetro a, la tasa intrínseca de crecimiento.

La expresión n° 1 de la curva logística generalizada puede flexibilizarse adicionando un parámetro adicional, tal como se muestra en la fórmula n° 2 [6].

$$N(t) = \frac{M}{(1 + e^{-a*t+b})^{1/c}} \quad (2)$$

Siendo [9]:

- El parámetro M, representa el $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t)$. Su valor denota la capacidad límite de la población
- El parámetro b, denominado parámetro de integración, cualquier número real positivo que depende de la condición inicial (N(0)).
- El parámetro c, una constante de ajuste.
- El parámetro a, la tasa intrínseca de crecimiento.

El punto de inflexión de la curva planteada en la fórmula n° 2, donde la velocidad de crecimiento llega a un valor máximo, se obtiene a través de la fórmula n° 3:

$$t = \frac{-\ln(c)+b}{a} \quad (3)$$

Cabe destacar que el modelo representado en la ecuación n° 2, en el presente trabajo, se utiliza para predecir la evolución de la epidemia Covid-19. En este sentido N(t) representa los casos acumulados de contagios de Covid-19 en Argentina, t representa el tiempo transcurrido luego de haberse presentados los primeros casos y los parámetros a, b, c y M son obtenidos a través de una optimización no lineal, minimizando la suma de cuadrados de los errores obtenidos en las estimaciones del modelo.

2.2 Modelo de Gompertz.

La curva de Gompertz, creada por Benjamin Gompertz en 1825, fue por mucho tiempo de interés solo para estimar la cantidad de actuarios de una población [10]. Sin embargo, en los últimos años ha sido utilizada por varios autores como una curva de crecimiento, tanto para fenómenos biológicos como económicos.

La expresión de la curva de Gompertz se presenta a continuación, en la ecuación n° 4:

$$N(t) = M * e^{-b * e^{-c * t}} \quad (4)$$

Siendo:

- El parámetro M, el $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t)$ = la capacidad límite de la población
- El parámetro b, denominado parámetro de integración, cualquier número real positivo que depende de la condición inicial (N(0)).
- El parámetro c, la tasa intrínseca de crecimiento.

La función de Gompertz es una curva que inicialmente expone una forma cóncava hasta llegar a un máximo en su punto de inflexión, luego del cual su forma pasa a ser de tipo convexa. Dicha curva de crecimiento corresponde al tipo sigmoideal, con una tasa de crecimiento poblacional en aumento hasta llegar a un máximo en su el punto de inflexión, a partir del cual decrece en forma monótona asintóticamente [11].

El punto de inflexión de la curva planteada en la expresión n° 3 de Gompertz, se obtiene a través de la siguiente fórmula n° 5:

$$t = \frac{\ln(b)}{c} \quad (5)$$

Cabe aclarar que la curva de Gompertz corresponde a un caso especial de la función Logística Generalizada. Haciendo referencia a las apariencias de estas funciones, se puede señalar que, el modelo de regresión Logística y el modelo Gompertz tienen crecimientos y formas similares. Ambos modelos se diferencian principalmente en la ubicación del punto de inflexión. El mismo está localizado en aproximadamente el 35% del crecimiento de la curva de Gompertz, mientras que en la curva Logística se localiza aproximadamente en el 50% de su crecimiento[8].

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo aplica las curvas de “Logística Generalizada” y “Gompertz”, desarrolladas en el apartado anterior, para efectuar la estimación de la población de infectados acumulados COVID-19, en Argentina.

Los datos utilizados son obtenidos de los informes diarios oficiales generados por el Ministerio de Salud, a nivel nacional, desde el 20 de marzo hasta el 1° de julio del presente año [12].

Recopilada la información de casos confirmados acumulados, en el periodo antes definido, se inicia con la etapa de ajuste de los modelos seleccionados, Gompertz y Logística generalizada, optimizando cada uno de sus parámetros a través de un algoritmo de optimización no lineal.

Para tal fin se definieron los intervalos de variación de los parámetros de ambas curvas, definidos en los apartados 2.1 y 2.2, para estimar luego sus valores óptimos aplicando la herramienta Solver de Excel. Tal herramienta corresponde a un complemento de Microsoft Excel® que permite encontrar un valor óptimo (mínimo o máximo) para una determinada celda objetivo, sujeta a restricciones en los valores de otras celdas que influyen en su resultado. En la presente investigación se denota como celda objetivo al error cuadrático medio (ECM) obtenido con las proyecciones de Infectados acumulados en el periodo analizado, a fin de alcanzar un valor mínimo. Se determinan las restricciones de variación de los parámetros de ambas curvas, definidos como variables de decisión de ambos modelos. A través de la herramienta Solver los valores de las celdas correspondientes a las variables de decisión se ajustan para alcanzar el valor óptimo en la celda objetivo, cumpliendo con las restricciones establecidas. Para ello se utiliza el método de resolución no lineal GRG, el cual se basa en el código de gradiente reducido generalizado (GRG2).

Obtenido el ajuste de los parámetros de ambos modelos se procede a la etapa de validación de los mismos. Cabe destacar, que tradicionalmente para obtener una evaluación de la validez de los modelos, se utilizan principalmente estadísticos como el coeficiente de determinación (R^2) o el Cuadrado medio del error [13], [14].

En el presente trabajo se seleccionaron dos medidas para validar el uso del modelo. Por un lado, se estima el coeficiente de determinación, que indica el grado de ajuste del modelo a los datos obtenidos, es decir, expresa el porcentaje de variabilidad de la variable de interés que el modelo permite explicar. Cuanto mayor sea el valor de este estadístico mejor será la predicción del modelo. Cabe destacar que el R^2 toma valores en el intervalo [0,1]. La fórmula n° 6 representa la expresión para obtener dicho coeficiente:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

Por su parte, para determinar la precisión de los modelos predictivos propuestos se realiza además una comparación de los valores pronosticados con los valores reales u observados a través del Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM). Tal error se estima como el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como porcentaje de los valores reales [9],[15]. Su fórmula se presenta a en la ecuación n° 7:

$$EPAM = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^n |A_i - F_i| / A_i}{n} \quad (7)$$

Dónde: “EPAM” es el error porcentual absoluto medio, “ A_i ” corresponde a la cantidad real de contagios acumulados en el período “ i ”, “ F_i ” es el pronóstico de infectados acumulados en el período “ i ” y “ n ” corresponde a la cantidad de períodos contemplados en el análisis.

La regla general que se acepta para la validación del uso de los modelos como base para la toma de decisiones, es que dicho error este por debajo del 10% [9], [15].

Una vez validados los modelos, se prosigue con la fase de predicción, obteniendo las proyecciones de Infectados acumulados hasta septiembre del presente año.

Tales proyecciones conforman la base para la estimación de recuperados y fallecidos acumulados en el mismo periodo. De esta forma es posible estimar los casos activos, para los diferentes días proyectados, mediante la ecuación n° 8:

$$\text{Casos Activos} = \text{Infectados acum.} - \text{Recuperados Acum.} - \text{Fallecidos Acum.} \quad (8)$$

Sobre los casos activos calculados con la ecuación n° 8 se estiman los requerimientos de los principales recursos hospitalarios en el periodo de predicción definido. Del total de casos activos, según las declaraciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en función a la evolución de casos en los países de mayor historia respecto del brote epidémico, un 80% del total de casos tendrá sólo síntomas leves y podrá recuperarse en su hogar, un 15% deberá ser atendido en las salas de terapia intensiva (UTI) y un 5% deberá ser atendido en una unidad de cuidados intensivos (UCI), con el posible requerimiento de ventilación mecánica[16].

Como resultado de estas estimaciones se podrá predecir la demanda de insumos hospitalarios críticos, como base para identificar los periodos en los que dicha demanda supere su disponibilidad en los sistemas de salud, ocasionando el colapso de los mismos.

4. RESULTADOS

De acuerdo con los datos oficiales publicados a la fecha de realización de este trabajo, en la tabla siguiente se pueden observar los valores de los parámetros de las curvas LG y Gompertz obtenidos a través del algoritmo de optimización no lineal de la herramienta Solver de Excel, con su correspondiente R^2 .

Tabla 1- Parámetros completas LG y Gompertz

Parámetros Modelo LG	M	2.500.000	R²= 99,3%
	A	- 0,0110	
	B	- 2,0000	
	C	0,0097	
Parámetros Modelo Gompertz	M	1000000	R²= 98,9%
	B	-14,00	
	C	-0,01	

A través del uso de los modelos con los parámetros expuestos en la tabla 1, se obtuvieron los resultados de las figuras 1 y 2:

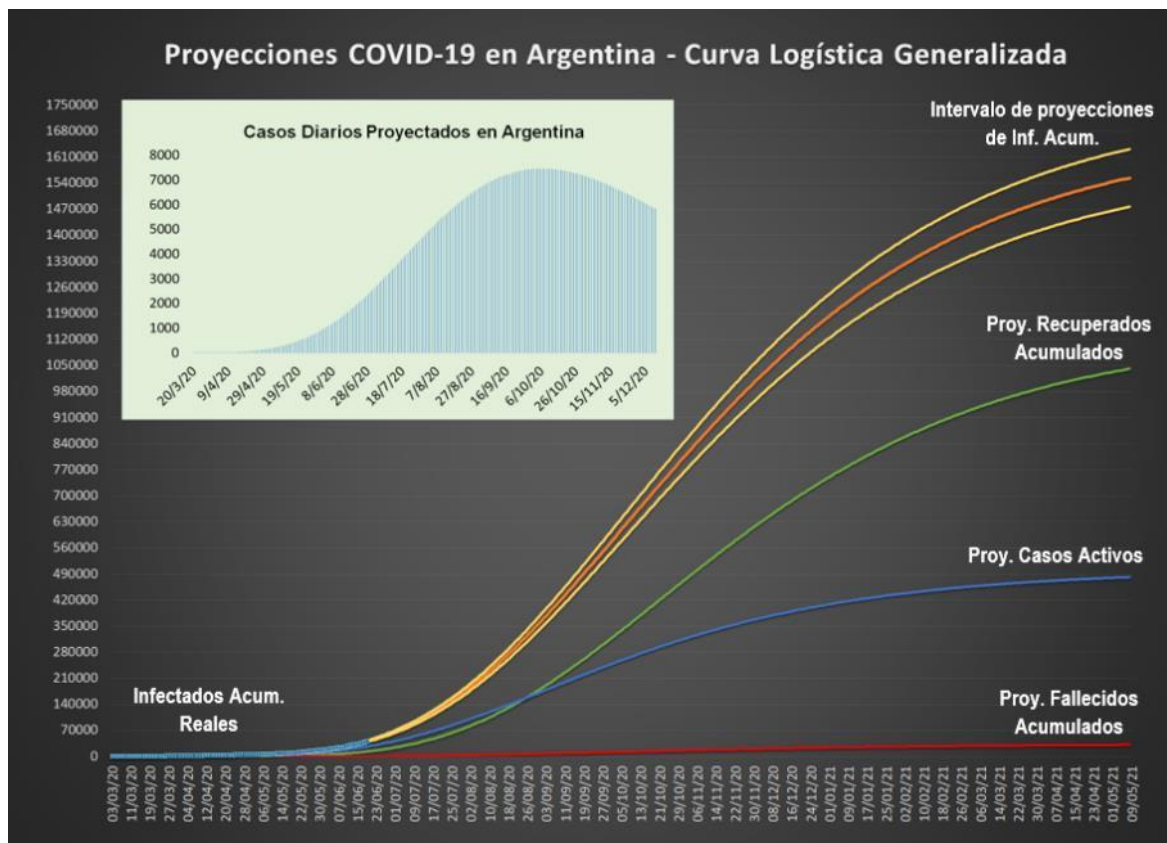


Figura 1- Proyecciones de Infectados, recuperados, fallecidos y casos activos acumulados en Argentina mediante la curva LG

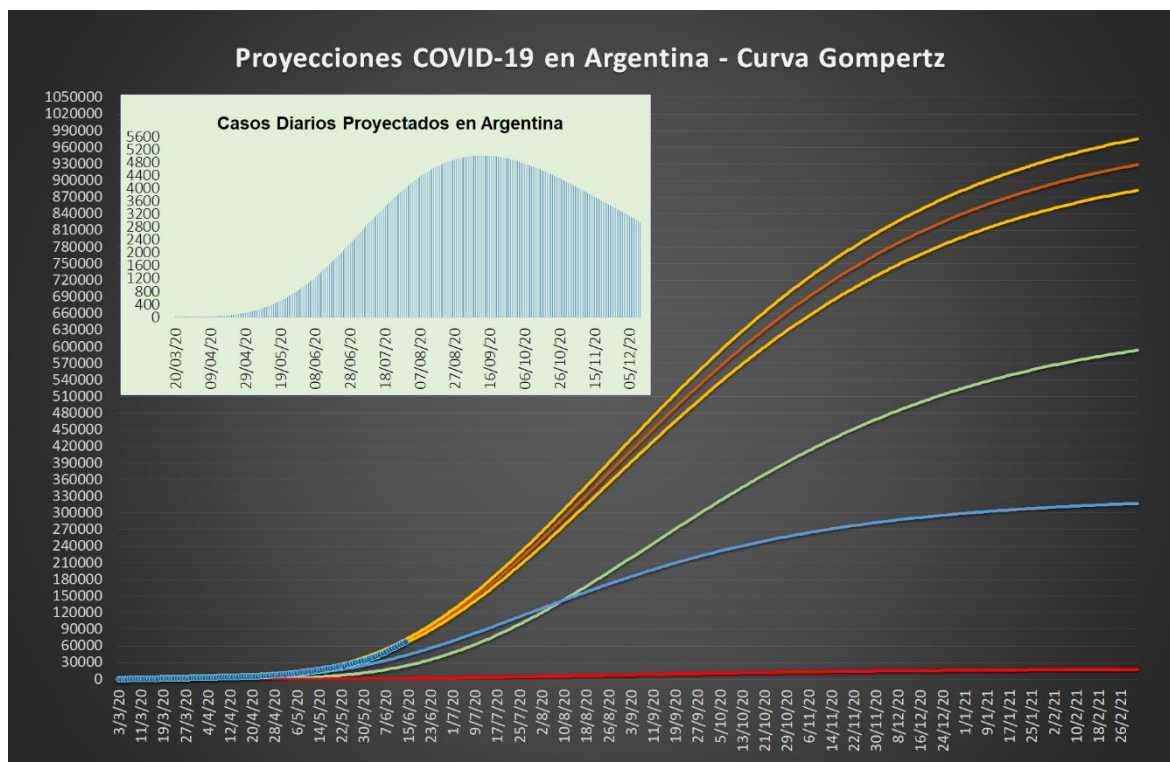


Figura 2 - Proyecciones de Infectados, recuperados, fallecidos y casos activos acumulados en Argentina mediante la curva Gompertz

De la observación de las figuras 1 y 2 se evidencia el intervalo de proyecciones de infectados acumulados en Argentina, como así también las curvas de proyecciones de fallecidos acumulados, recuperados acumulados y los casos activos. Estos últimos se obtienen a través de la diferencia entre los infectados acumulados proyectados y el total de personas recuperadas y fallecidas.

Para obtener la proyección de recuperados acumulados se tiene en cuenta, a través de un análisis descriptivo exploratorio, el porcentaje que éstos representaban respecto de los contagios acumulados proyectados, en pos de responder a los recuperados acumulados reales en Argentina. Para el caso del modelo LG, se pudo corroborar que aproximadamente el 68% de los infectados acumulados proyectados de 16 días anteriores al periodo analizado, eran dados de alta. Asimismo, respecto a las proyecciones de fallecidos acumulados, se observa que los mismos representan aproximadamente el 2% de los contagiados en dicho periodo.

Respecto del modelo de Gompertz, aproximadamente el 65% de los infectados acumulados proyectados de 16 días anteriores al periodo analizado, se recuperaban, mientras que los fallecidos acumulados representan aproximadamente el 1.92% de los contagiados acumulados estimados en cada periodo.

En ambos modelos se observa un patrón de comportamiento sigmoide, típico del comportamiento de estas curvas, denotando un crecimiento acelerado de los infectados acumulados en un periodo de tiempo prolongado hasta alcanzar el punto de inflexión, donde comienza la etapa de desaceleración de los casos. Esta última fase culmina con un periodo de amesetamiento, lo que indicaría la culminación de la propagación del virus.

La diferencia en dicho comportamiento respecto de ambas curvas se expone en que el modelo de Logística Generalizada presenta una forma simétrica, mientras que la curva de Gompertz tiene una forma asimétrica. Esto último significa que la curva de Gompertz expone un crecimiento más rápido al inicio que al final de la pandemia, lo cual hace que sea más apropiado para fenómenos biológicos. Al traducir los infectados acumulados diarios a casos nuevos de infectados por día, cuyas gráficas se observan en la parte superior izquierda de las figuras 1 y 2, se puede evidenciar que el pico de casos diarios se alcanza más prontamente con la curva de Gompertz (principios de septiembre) respecto de la Logística Generalizada (pico de casos a inicios de octubre). Esta situación se debe a lo explicado anteriormente, respecto al crecimiento más rápido de casos en el modelo de Gompertz con relación al modelo LG en la fase inicial.

Al momento de validar estos modelos, se obtiene en ambos casos una bondad de ajuste de aproximadamente un 99%. Esto significa que un 99% de la variabilidad de la cantidad de contagios acumulados es explicada por los modelos de regresión no lineal aplicados.

Con el fin de evaluar, también, la validez del pronóstico en la toma de decisiones se decide evaluar el error porcentual medio absoluto (EPAM) a los 10, 20, 30, 60 y 90 días anteriores al 01/07/20. Dicho error estima la desviación en términos porcentuales. Es el promedio del error absoluto y el pronóstico obtenido, expresado como un porcentaje de los valores reales de Infectados acumulados,

tal como se expresa en la ecuación 7. Dicho error mide la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo. Los valores obtenidos en ambas curvas se exponen en la tabla 2.

Tabla 2 - EPAM comparativo obtenido con las curvas de Gompertz y LG.

	EPAM Gompertz	EPAM LG
10 días	1,74%	1,03%
20 días	2,66%	2,19%
30 días	2,79%	2,40%
60 días	7,00%	5,03%
90 días	10,44%	8,45%

De la tabla anterior se evidencia que la curva Logística Generalizada obtiene un mejor ajuste entre los valores reales y predichos de Infectados acumulados en Argentina.

Cabe destacar que, si bien los modelos representan un buen ajuste en las aproximaciones de Infectados acumulados en el tiempo a nivel nacional, se pueden generar distorsiones en sus proyecciones debido a el hecho de que las personas no sigan los cuidados recomendados, tales como el distanciamiento social obligatorio, uso de tapabocas e higiene adecuada de manos, entre otros y en función de los cambios de escenario que implican las diferentes medidas tomadas por el gobierno. Por tal motivo es necesario realizar un ajuste de los parámetros de ambas curvas a medida que se avanza en el tiempo de la pandemia para contemplar en forma más fidedigna la situación real.

Obtenidas las proyecciones de Infectados acumulados en el tiempo con ambas metodologías, y validado su uso para la toma de decisiones, a continuación, se utilizan las mismas para la estimación de los recursos hospitalarios críticos hasta septiembre del año 2020.

Tales cálculos se basaron en las proyecciones realizadas respecto de infectados activos COVID-19, considerando además la información brindada por la OMS, donde en función a los resultados analizados en la evolución de la pandemia en varios países a nivel mundial se pudo estimar que un 80% de los infectados presentarán síntomas leves y se recuperan sin tratamiento hospitalario, un 15% necesitara de los recursos de terapia intensiva, presentando algunos síntomas de pulmonías, y finalmente un 5% tendrá síntomas más complejos y necesitará de los recursos de cuidados críticos. A continuación, se muestra en las figuras 3 y 4 las proyecciones de requerimientos de camas hospitalarias para la unidad de terapia intensiva (UTI) y las camas y equipos de asistencia mecánica respiratoria para la unidad de cuidados intensivos (UCI).

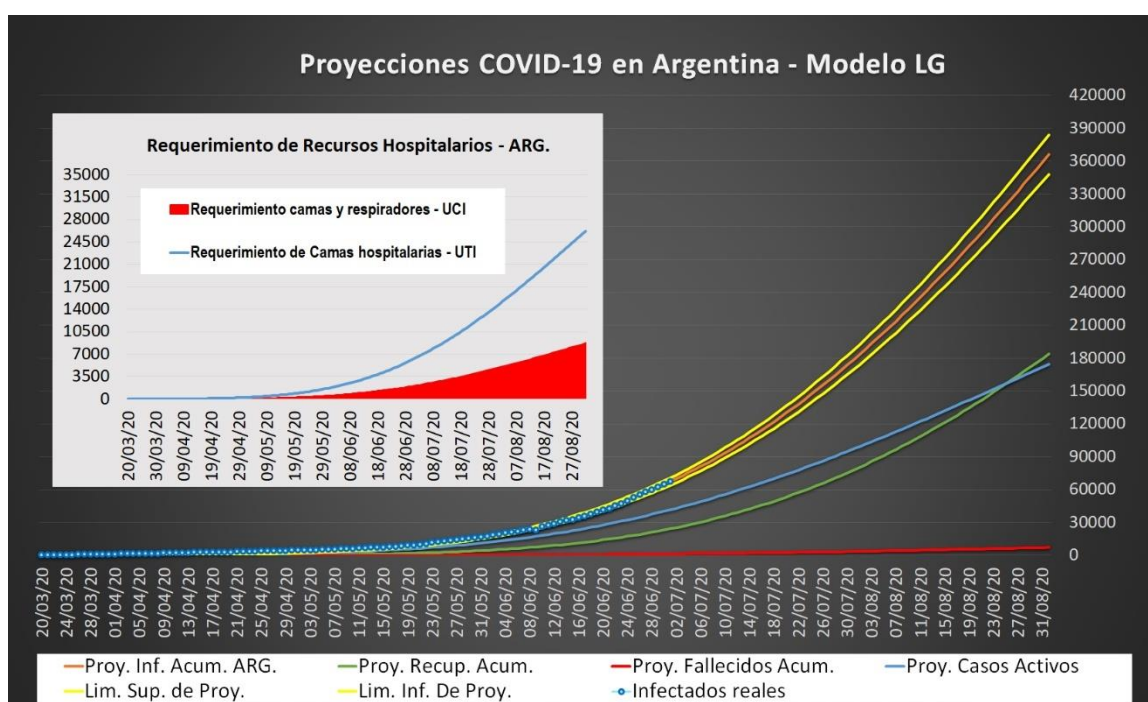


Figura 3 - Proyección de recursos críticos mediante la curva LG

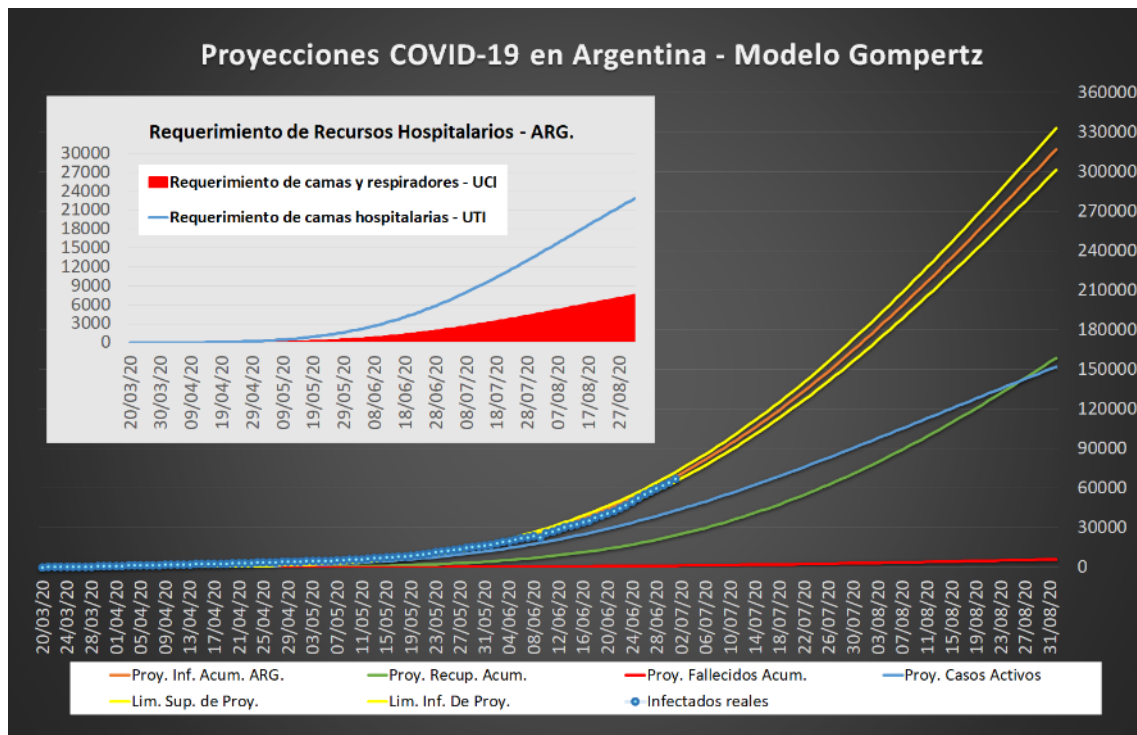


Figura 4 - Proyección de recursos críticos mediante la curva Gompertz

Como se puede observar en la Figura 3 los requerimientos de camas hospitalarias para UTI alcanzan aproximadamente 26207 unidades. Mientras que, para el caso del modelo de Gompertz las mismas alcanzan aproximadamente 22800 para la misma fecha (01/09/2020).

Respecto de las camas y equipos de asistencia de respiración mecánica, el modelo logístico expone un requerimiento de 8700 unidades, mientras que la curva de Gompertz evidencia un requerimiento de aproximadamente de 7600 unidades para septiembre 2020.

6. CONCLUSIONES.

En la presente investigación se generó un aporte de 2 modelos estadísticos - matemáticos de corto plazo con predicciones significativas para el estudio de la pandemia COVID.19 en Argentina, como base para la toma de decisiones respecto a la estimación de recursos críticos de los sistemas de salud. Cabe destacar que los mencionados modelos no son adecuados para su utilización en el análisis de diferentes escenarios como base para la toma de decisiones político - sanitarias.

Para su desarrollo fue necesario una fase de ajuste y otra de predicción. En la etapa ajuste, se determinaron los modelos matemáticos de Gompertz y Logística Generalizada como base para representar la evolución de los infectados acumulados en Argentina, a través del análisis estadístico de dicha evolución en aquellos países con mayor historia en el desarrollo de la epidemia. Seleccionados los modelos, se efectuó un ajuste en los parámetros de los mismos con los datos recopilados en Argentina desde el marzo a julio del presente año.

Culminada la etapa de ajuste, la siguiente etapa consistió en la aplicación de los modelos para predecir la evolución de los contagios futuros, hasta septiembre del presente año. La dificultad de esta fase es que no se puede asegurar que los parámetros estimados en ambos modelos se mantengan óptimos y/o constantes en el tiempo. Por lo que se recomienda continuar con el ajuste de los mismos a medida que se ingresa nueva información al sistema.

Entre las limitaciones a contemplar en los modelos desarrollados, se puede citar además, que su ajuste se basó exclusivamente en los datos reportados por los informes del Ministerio de Salud, se desconoce la cantidad de pacientes asintomáticos, no se dispone de información fehaciente de contactos estrechos por parte de los pacientes y existe un número limitado de testeos en nuestro país, lo cual dificulta la obtención de información representativa en cuanto a la evolución real de contagios, entre otros [12]. Tales limitaciones contribuyen a que las estimaciones obtenidas mediante los modelos propuestos expongan sesgos respecto a los infectados acumulados reales a nivel nacional.

Sin embargo, a pesar de la incertidumbre que estas limitaciones generan en los modelos, sus aportes son relevantes al momento de facilitar la toma de decisiones.

Por tal motivo, se valora la relevancia de las predicciones obtenidas para facilitar la estimación de los requerimientos de recursos hospitalarios críticos para la atención de pacientes COVID-19. Estos requerimientos deberán adicionarse a la demanda de pacientes con otras enfermedades de forma tal de estimar el porcentaje real de utilización de la infraestructura de los sistemas de salud

actualmente disponibles en nuestro país. De esta manera se logrará identificar con antelación los momentos en que dichos sistemas serán colapsados como base para evaluar estrategias de mejora que permitan subsanar las sobredemandas de tales recursos en los momentos críticos del brote epidémico.

7. REFERENCIAS.

- [1] I. Oliveira, "Modelos epidemiológicos SEIR," *Tese Mestr. em Eng. Matemática*, 2008.
- [2] F. G. Manrique-Abril, C. A. Agudelo-Calderon, V. M. González-Chordá, O. Gutiérrez-Lesmes, C. F. Téllez-Piñerez, and G. Herrera-Amaya, "Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia/SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia," *Rev. Salud Pública*, 2020.
- [3] J. Rojas-Vallejos, "Fortalezas y limitaciones de los modelos matemáticos en las pandemias: el caso de COVID-19 en Chile," *Medwave*, 2020, doi: 10.5867/medwave.2020.03.7874.
- [4] "Modelación matemática en ingeniería," *IE Rev. Investig. Educ. la REDIECH*, 2016.
- [5] F. S. Mínguez, "Procesos de difusión Logístico y Gompertz. Métodos numéricos clásicos en la estimación paramétrica," 2016.
- [6] M. A. Villalobos Arias, "Estimación de población contagiada por Covid-19 usando regresión Logística generalizada y heurísticas de optimización," Cartago, Costa Rica, 2020.
- [7] J. Pemberton and M. B. Priestley, "Non-Linear and Non-Stationary Time Series Analysis.," *Appl. Stat.*, 1990, doi: 10.2307/2347773.
- [8] E. Martínez Rodríguez, "Logit Model como modelo de elección discreta: origen y evolución," *Anu. jurídico y económico Escur.*, 2008.
- [9] J. A. Nelder, "The Fitting of a Generalization of the Logistic Curve," *Biometrics*, 1961, doi: 10.2307/2527498.
- [10] C. P. Winsor, "The Gompertz Curve as a Growth Curve," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 1932, doi: 10.1073/pnas.18.1.1.
- [11] G. Casas, "Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos," *Rev. Colomb. Ciencias Pecu.*, 2010.
- [12] Ministerio de Salud de la Nación, "Sala de Situación Coronavirus online - Ministerio de Salud de la Nación." [Online]. Available: https://www.argentina.gob.ar/salud/coronavirus-COVID-19?utm_source=search&utm_medium=cpc&utm_campaign=coronavirus&utm_term=grants&utm_content=nacional&gclid=CjwKCAjwNf6BRAwEiwAkt6UQn2FnFaqVjbt32yt-gyGBvDdk-JdASUjlZHD2Ili5wCF4tLjQndWZBoC_hkQAvD_BwE.
- [13] R. J. McClure, P. M. Davis, S. R. Meadow, and J. R. Sibert, "Epidemiology of Munchausen syndrome by proxy, non-accidental poisoning, and non-accidental suffocation," *Arch. Dis. Child.*, 1996, doi: 10.1136/adc.75.1.57.
- [14] R. Ihaka and R. Gentleman, "R: A Language for Data Analysis and Graphics," *J. Comput. Graph. Stat.*, 1996, doi: 10.1080/10618600.1996.10474713.
- [15] F. R. Jacobs and R. B. Chase, *Administración de operaciones. Producción y Cadena de suministro*, 15th ed. 2018.
- [16] W. Z and M. JM, "Características y lecciones importantes del brote de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) en China," *Jama*, 2020.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires de Olavarría por brindarnos su apoyo para el desarrollo de la presente investigación.

Implementación de un sistema de gestión del almacén en una empresa comercializadora de productos de belleza para mejorar su servicio al cliente.

Flores-Miranda Luis 1^{1*}; Cuamea-Cruz Guillermo 2².

*Departamento Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
fdo.luis94@gmail.com*

RESUMEN

Es este artículo se presenta la implementación de una metodología diseñada para establecer un sistema de gestión del almacén en donde su base es la clasificación ABC; su función principal es ayudar a la organización a poder cumplir con la demanda y tener un mayor servicio al cliente. La metodología propuesta se divide en 5 fases que son las siguientes: diagnóstico, análisis, propuesta solución, implementación/ validación y control. En dicho trabajo se presenta una idea general de las implantaciones realizadas y los beneficios que tuvo para la organización ya que la empresa contaba con 310 clientes insatisfechos y con dichas mejoras se redujo un 71%, dando como resultado una mayor liquidez económica para la misma.

Palabras claves: Sistema de gestión del almacén, metodología ABC, servicio al cliente.

ABSTRACT

In this article the implementation of a methodology designed to establish a warehouse management system is presented where its base is the ABC classification; its main function is to help the organization to be able to meet the demand and have a better customer service. The proposed methodology is divided into 5 phases that are as follows: diagnosis, analysis, proposed solution, implementation / validation and control. In this work, a general idea of the implementations carried out and the benefits it had for the organization is presented since the company had 310 dissatisfied customers and with these improvements it was reduced by 71%, resulting in greater economic liquidity for it.

Keywords: Warehouse management system, ABC methodology, customer service.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los productos deben ser entregados a los consumidores en poco tiempo y sin desperdicios, esto provoca que la cadena de suministros sea más competitiva. El límite de tiempo el cual es un factor clave para la cadena de suministro se ve reflejado de gran manera en la organización y en la gestión del almacén [1]. El almacén es una estructura detallada y planeada para administrar los bienes de un activo fijo o móvil de la empresa antes de ser solicitados para la producción del lugar o bien el almacén es un local que funciona para guardar gran cantidad de productos para después ser vendidos, usados o distribuidos [2].

La gestión del almacén está construido por múltiples etapas que se entrelazan entre sí para poder lograr su objetivo; la implementación de un sistema de gestión del almacén ayuda a una buena organización, optimiza los costos y mejora la eficiencia económica por lo que permite afrontar las fluctuaciones de la demanda; manteniendo los inventarios en óptimas condiciones, en el lugar indicado y en excelente estado resultando en un incremento en los niveles de servicio al cliente [3]. La recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos, despacho, consolidación, desconsolidación de carga y cross docking son operaciones típicas del centro de distribución; estas operaciones permiten la atención de los requerimientos de los clientes internos y externos. La preparación de pedidos y el despacho son consideradas como críticas en el centro de distribución, porque impactan en la satisfacción de los consumidores, en costos logísticos [4].

Por otro lado, tenemos el servicio al cliente el cual se define como el inicio de la cadena de suministro, esto debido a las demandas de los productos, el perfil del cliente, y su ubicación; mientras que el rol del servicio al cliente es proveer tiempo y utilidad en la transferencia de los productos y servicios entre el comprador y el vendedor. De igual manera el servicio al cliente constituye en la disponibilidad del producto o servicio que se brinda. El éxito en el servicio al cliente lo puedes encontrar en hechos, liderazgo, eficiencia en acciones, capital humano, cultura organizacional y pequeños detalles diarios; por ejemplo: el acercamiento al cliente y la manera que se lleva a cabo el servicio. Es por esto que el servicio al cliente es fundamental para el funcionamiento y competitividad de las empresas [5].

Este artículo se basa en una empresa dedicada a la comercialización de productos de belleza ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora. La función prioritaria del negocio es la venta y asesoramiento de productos para el cuidado de la imagen personal. Hoy en día la empresa tiene un catálogo de 86 diferentes proveedores que a su vez forman una variedad de más de 2000 productos que están disponibles para los clientes en sus 6 puntos de venta alrededor de la ciudad. El artículo está basado en el almacén y área de compras de la empresa, esto debido a la necesidad de abastecer los puntos de venta de la manera más eficiente. Algunos problemas como errores de compras, faltantes de mercancía, pérdidas monetarias y clientes insatisfechos se debe a la manera en que la empresa opera su almacén.

En los últimos tres años la demanda de los productos ha ido en aumento, generando más de 60000 ventas mensuales, teniendo una rotación de inventario de dos a seis por año. En promedio la empresa genera 480 pedidos anuales a diferentes proveedores en distintos lugares de la república mexicana, esto provoca que sus inventarios sean complicados y dinámicos, ocasionando problemas de abastecimiento en diferentes puntos de venta de la ciudad.

La insatisfacción de los clientes es constante, ya que, en las diferentes sucursales, alrededor de 310 clientes no han encontrado lo que buscaban en un lapso de un mes, esto ocasionando molestias de parte de los clientes y una pérdida monetaria del 5%.

2. OBJETIVO

Mediante el diseño de un sistema de gestión de inventarios permitirá a la organización afrontar de manera adecuada la demanda, ayudando a mejorar el control, adquisición y distribución de los suministros dando como resultado una mayor satisfacción de los clientes.

Como meta se considera mejorar el área del almacén y la forma que opera el departamento de compras, para que de una manera adecuada se pueda mejorar el abastecimiento de suministro en los seis puntos de venta; esto con el objetivo de tener clientes satisfechos dando como resultado una mayor utilidad para la empresa.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se presenta la base de la metodología en donde se integran varios métodos y pasos de diferentes autores. El método utilizado por algunos autores resume los pasos para el diseño del almacén de diferentes artículos publicados en los años de 1976 hasta el 2006 [3]. Una de las metodologías implementadas se toma en cuenta para mejorar el centro de distribución de una empresa.

Dicha metodología está compuesta por 5 fases que son las siguientes: Diagnóstico, análisis, propuesta solución, implementación / validación y control; en donde cada fase se desarrolla con el siguiente contenido: su objetivo principal, la herramienta que se va utilizar para lograr el objetivo, los pasos a seguir y el resultado a esperar. Cabe mencionar que, durante la aplicación de las fases, pueden existir modificaciones de las fases anteriores o superiores, todo esto con el fin de enriquecer

cada una de ellas y alcanzar los objetivos esperados [6]. A continuación, en la Figura 1 se puede apreciar la metodología propuesta en forma de bosquejo.



Figura 1. Metodología Propuesta.

A continuación, se muestran las implementaciones más relevantes del trabajo después de realizar las fases correspondientes para la obtención del objetivo principal.

Análisis ABC:

Con la información de la base de datos de la empresa se realizó la clasificación ABC de los productos; la base de datos se tomó en cuenta del 1 de enero del 2019 al 1 de enero del 2020, esto con la finalidad de tener la información suficiente para poder realizar una correcta clasificación. A continuación, en la Tabla 1 se puede observar la clasificación ABC de la base de datos.

Tabla 1. Clasificación ABC-base de datos.

Clave	Descripción	Porcentaje	Acumulado	Clasificación
113086	Tinte cabello mujer Kuul	0.14754	14%	A
300851	decolorante kuul 350 gr	0.04824	19%	A
7501438363024	peroxido kuul 20 vol 135 ml p/tinte	0.04022	23%	A
191417	micro chip cafe claro p/pieza	0.03373	26%	A
191416	micro chip cafe oscuro p/pieza	0.03362	30%	A
7501438360634	peroxido hidracolor 20 vol. 135 ml p/tinte	0.03314	33%	A
7506115651029	peroxido anven 20 vol 90 ml	0.02853	36%	A
112112	grapa c/ keratina	0.02650	39%	A
166	par de guantes p/tinte	0.02178	41%	A
112424	forma p/escultural desechable	0.01978	43%	A
112251	pedra swarovski	0.01602	44%	A
112256	uña revelation por pieza	0.01522	46%	A
7506115650473	tinte anven 9.9	0.01220	47%	A
7501502311227	peroxido color tech 20 vol 135 ml	0.00981	48%	A
191414	micro chip negro p/pieza	0.00751	49%	A
177	pestaña sin blister	0.00694	50%	A
8801038200019	navaja dorco	0.00660	50%	A
7501846502916	peroxido xiomara 20 vol 100 ml	0.00636	51%	A
7506115653016	sobre trat. en crema fija color 20gr	0.00563	51%	A
112211	mariposa de color	0.00531	52%	A
1204110	lima prof. dn zebra 80/80	0.00492	52%	A
185	tinte bi diip oferta	0.00464	53%	A
162	esmalte bissu	0.00415	53%	A
7501438360351	decolorante hidra 50 gr	0.00407	54%	A
7501438361273	tinte hidracolor 7.0	0.00403	54%	A

De acuerdo con la clasificación ABC y la asignación por familias se decidió hacer una modificación en la distribución del almacén, en donde se modificaron los espacios como también se enumeraron los estantes y se señalaron para poder encontrar de manera más rápida la mercancía dentro de dicho espacio. Para el acomodo de mercancía en la estantería se tomó en cuenta la frecuencia, el peso y el volumen del artículo. Esto con el objetivo de tener un mejor acomodo de los productos dentro de las instalaciones del almacén. A continuación, en la Figura 2. se muestra la distribución mejorada.

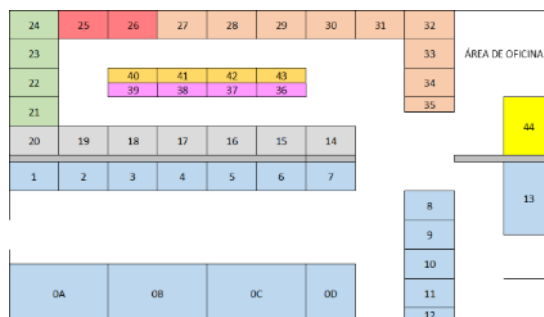


Figura 2. Distribución del almacén-mejora.

A continuación se muestran algunas implementaciones que fueron relevantes en el trabajo: A) Reorganizar el acomodo de los artículos a través de una clasificación por familias ya que facilitó la distribución dentro del almacén, B) Agregar la ubicación de la mercancía de cada artículo en el sistema, de tal manera que, en el pedido, se agrupen los productos que se encuentren en él, esto ayudó bastante en la reducción del tiempo en la elaboración de pedidos, C) Asignar un encargado de bodega para que mantenga los artículos en orden y la limpieza del área y asimismo le dé seguimiento a los artículos que se agotan y revisar las existencias físicas y compararlas con las que el sistema marca, esto ayudó a mantener el sistema trabajando de manera adecuada, D) Control de inventario, ayudó a tener en el sistema el producto que hay realmente en el almacén reduciendo considerablemente los errores de comprar mercancía repetida o comprar mercancía que ya había, E) Hacer el análisis ABC ayudó a determinar que productos son muy demandados y se tiene que tener un estricto control y cuales productos no aportan mucho valor a la empresa, F) Modificación de los procesos existentes ayudó a la empresa a ser más eficiente en sus procesos y G) Maximizar el uso del software SICAR mejoró la eficiencia del almacén y los puntos de venta.

Ya realizadas todas las mejoras en el almacén se procedió a validar que hayan tenido un impacto positivo en el servicio al cliente dando como resultado una reducción de los clientes insatisfechos que tiene la empresa mensualmente, a continuación, se muestran los resultados.

4. RESULTADOS

Mediante el diseño de un sistema de gestión del almacén permitió a la organización afrontar de manera adecuada la demanda, ayudando a mejorar el control, adquisición y distribución de los suministros dando como resultado una mayor satisfacción de los clientes. Se disminuyó en gran cantidad los clientes insatisfechos pasado de 310 mensuales a 89 clientes, reduciendo la cifra en un 71% y aumentando en un 3% las ventas de la empresa.

Otro aspecto importante es que solamente el 13 % de los clientes insatisfechos buscaban un producto de la clasificación A, en donde se lleva un control más riguroso, y en donde se tiene un mayor beneficio económico para la organización, el 45% de los clientes insatisfechos es de la clasificación B y el 42% de la clasificación C.

Un resultado que sorprendió mucho al personal fue la reducción del 100% del tiempo de etiquetado, ya que con el etiquetado de la estantería y no en el producto se pudo ahorrar mucho tiempo. Cabe mencionar que también fueron agregadas operaciones que sumaron tiempo como ingresar al sistema la mercancía y la ubicación de la mercancía que llega de los proveedores al almacén, pero los resultados fueron favorables y se contrarrestó con el tiempo ahorrado en el etiquetado.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, es fundamental para las organizaciones tener una correcta gestión de sus almacenes para poder reaccionar a la demanda en tiempo y forma; también otro aspecto importante es que el manejo del almacén impacta profundamente en el servicio al cliente, ya que si no se encuentra el producto en su punto de venta el cliente se va insatisfecho ocasionando pérdidas monetarias para la empresa.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Araujo Silva, K. J. (2017). Diseño de un sistema logístico basado en la gestión de compras, inventarios y almacenes para la reducción de costos en la empresa Anvip Perú SRL–Lima.(Tesis Parcial).
- [2] Bárcena, M., y Gracia, M., 2018. Control interno en la gestión del almacén de la empresa comercializadora de repuestos y accesorios Gebry Repuestos Automotrices EIRL Cajamarca, Peru. (Tesis Parcial).
- [3] Montijo, R., 2018. Rediseño del Area de almacen para mejorar el flujo de materiales en una empresa dedicada a la venta de papelería a mayoreo. Universidad de Sonora. Hermosillo, Mexico.
- [4] Baker, P y Canessa, M., 2009. Warehouse design: A structured approach, *European Journal of Operational Research*, vol. 193, no. 2. pp 425–436. Elsevier Journals.

[5] Díaz, F., y Manuel, J. 2018. Plan de gestión logística para mejorar el servicio al cliente en la Empresa Agroveterinaria. El Campo SCRL Cajamarca, Peru.

[6] Durán, Y., 2012. Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela.

7. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al posgrado de sistemas y tecnología de la Universidad de Sonora y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por su apoyo económico brindado en mi estudio de posgrado.

Implementación de una Metodología de Distribución de Planta en un Taller de Fabricación de Maquinaria Agrícola

Romero-Quiroz, Jesús Carlos*; León-Duarte, Jaime Alfonso;
Romero-Dessens, Luis Felipe

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
a210205132@unison.mx; jaime.leon@unison.mx; luisfelipe.romero@unison.mx*

RESUMEN.

En el presente artículo se muestra un proyecto realizado con la finalidad de mejorar las condiciones de trabajo de un taller dedicado a la elaboración de maquinaria agrícola, para ello se utilizó la metodología SLP de Richard Muther pero con una ligera adaptación que agrega un paso adicional, el cual tiene como finalidad el considerar las Normas Oficiales Mexicanas con el objetivo de cumplir con los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo que son exigidos por las autoridades del país. El artículo se desarrolló en cinco apartados: empezando con el apartado de introducción, donde se exhibe la problemática y que se espera del proyecto; el segundo apartado es el marco teórico donde se presenta la investigación literaria realizada para comprender mejor el tema; el tercer apartado es el de metodología, el cual contiene un diagrama de la estructura metodológica utilizada; el cuarto apartado es el de implementación, donde se presenta el trabajo realizado; el último apartado es el de conclusiones que presenta el conocimiento desarrollado con la realización del trabajo.

Palabras Claves: Metodología SLP, Normas Oficiales Mexicanas, Células de manufactura.

ABSTRACT.

This article shows a project carried out in order to improve the working conditions of a workshop dedicated to the production of agricultural machinery, the SLP methodology of Richard Muther was used but with a slight adaptation that adds an additional step with the purpose of considering the Official Mexican Standards in order to comply with the minimum requirements of safety and health at work that are required by the authorities of the country. The article was developed in five sections: starting with the introduction section, where the problem is shown and what is expected of the project; the second section is the theoretical framework where the literary research that was carried out to better understand the subject is presented; the third section is the methodology section, which contains a diagram of the methodological structure used; the fourth section is implementation, where the work that was done is presented; the last section is the conclusions section that presents the knowledge developed with the completion of the work.

Keywords: SLP Methodology, Official Mexican Standards, Cellular manufacturing.

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, los mercados se rigen por la competencia y la demanda, los cuales requieren una extensa variedad de producto con ciclos de vida cada vez más cortos, por lo que la industria debe tratar de adecuar sus procesos de producción implementando sistemas flexibles que admitan hacer frente a la incertidumbre que este escenario genera. Para poder alcanzar la eficiencia y flexibilidad requerida es necesario una correcta ordenación de los medios productivos que acceda, no solo a poder hacer frente a la demanda actual, sino que también logre hacerlo a posibles escenarios futuros.

Los procesos industriales que se desenvuelven en ambientes competitivos se guían por las condiciones de un mercado riguroso y selectivo, en donde la eficiencia de sus procesos productivos en todas sus fases se convierte en una necesidad para que las empresas puedan subsistir. Uno de los aspectos más importantes a considerar, debido a que impacta directamente en los costos de producción, es la distribución de los diferentes procesos productivos en la planta.

Las ventajas de una adecuada distribución de planta no son solo financieras. Una distribución de planta conveniente debe considerar entre sus objetivos el bienestar, las condiciones laborales y la salud de los trabajadores. Así mismo, el ahorro de costos de producción suele ser debido a la reducción de esfuerzos en procesos de manejo y acopio de materiales [1].

Frecuentemente, las empresas se enfrentan a problemas en donde se deben tomar decisiones para resolver de manera estratégica y así mantener el éxito de esta. Entre las decisiones de gran relevancia para poder cumplir con los requerimientos de los clientes en cuanto a calidad y servicio, es el poder cumplir con las fechas de entrega acordadas con ellos [2]. El cumplimiento de las entregas esta apegada en gran medida a la organización de los procesos productivos, que a la vez favorece al mejor manejo de los recursos de una planta. Una de las técnicas para la mejorar de procesos es la organización del “layout”, la cual ayuda a mejorar la productividad y la eficiencia, además de poder disminuir costos en el manejo de materiales [3,4].

Debido a que las empresas actuales requieren tener gran flexibilidad para poder producir una extensa variedad de productos con bajos volúmenes de producción, muchas de estas están aplicando la filosofía de manufactura celular, en donde se permite agrupar un número de partes similares para producirse en una célula compuesta de diferentes maquinas, logrando así mejorar la eficiencia de los procesos [3,5,6].

1.1. Planteamiento del problema.

En una empresa dedicada a la fabricación de maquinaria agrícola, donde se encargan desde el diseño hasta la puesta en marcha de la maquinaria, no cuenta con una correcta distribución del taller debido a que desde que se iniciaron los labores no se definieron los espacios de trabajo ni de almacenaje, lo cual genera que el personal no cuente con las condiciones adecuadas de trabajo, generando que no puedan realizar sus actividades diarias de manera óptima, además, de estar propensos a sufrir algún tipo de lesión o accidente.

1.2. Objetivo del proyecto.

Realizar un rediseño en la distribución del taller en base a una metodología que permita definir, organizar y estandarizar el área de trabajo de los diferentes procesos, con el fin de mejorar la eficiencia del taller y reducir los riesgos potenciales de accidentes o lesiones.

2. MARCO TEORICO.

En esta sección se presentan los puntos mas relevantes de la investigación literaria que se realizó, los temas que se abordan son: Metodología SLP, Normas Oficiales Mexicanas y Células de manufactura.

2.1. Metodología SLP.

En el campo de la ingeniería, se han utilizado diferentes técnicas y procedimientos para solucionar problemas referentes a distribución de planta, no obstante, la metodología de Richard Muther conocida como la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta o Metodología SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y utilizada. Esta metodología fue desarrollada para el diseño de cualquier tipo de distribución en planta sin importar su naturaleza, siendo un procedimiento sistemático de multicriterio, el cual puede adecuarse a distribuciones completamente nuevas o distribuciones de plantas ya existentes [7-10].

2.2. Normas Oficiales Mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentan los requisitos mínimos requeridos para la prevención de riesgos de trabajo, enfocándose en los factores de riesgos a los que los trabajadores pueden estar expuestos. En la actualidad, existen 44 NOM's vigentes en materia de seguridad y salud en el trabajo. La aplicación de estas normas es de carácter obligatorio en todo el territorio nacional. La Ley Federal del Trabajo menciona

que el patrón tiene la obligación de aplicar de operar los centros de trabajo de acuerdo con las NOM's con el fin de prevenir accidentes y enfermedades laborales. Así mismo, los trabajadores tienen obligaciones que cumplir para su protección personal y seguridad [11].

2.3. Células de manufactura.

Las células de manufactura consisten en combinar de manera efectiva actividades manuales y/o mecánicas para poder elaborar un componente o subensamble de una parte elaborada cerca. Cuando se carece de suficiente mano de obra especializada, generando el aumento del costo de esta y el posible no cumplimiento en los tiempos de entrega, la implementación de las células de manufactura es una buena forma de mitigar estos problemas [12]. Existen diferentes tipos de distribución de planta y se pueden clasificar según la forma de organización del proceso productivo, una de estas clasificaciones es la de distribución por células de trabajo o fabricación flexible, la cual consiste en la agrupación de maquinas y trabajadores que realizan una sucesión de actividades sobre varias unidades de un producto o familia de productos. El termino de distribución celular es relativamente nuevo, sin embargo, en la práctica no lo es [13].

3. METODOLOGÍA.

La estructura metodológica está compuesta por la metodología de Richard Muther denominada "Systematic Layout Planning" o SLP con una ligera adaptación en donde se incluye un paso adicional al inicio de la metodología, el cual consiste en identificar las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que son aplicables a la empresa en cuestión con el objetivo de cumplir con la normatividad vigente del país al momento de realizar el diseño de distribución. En la figura 1 se muestran los pasos de la metodología utilizada.

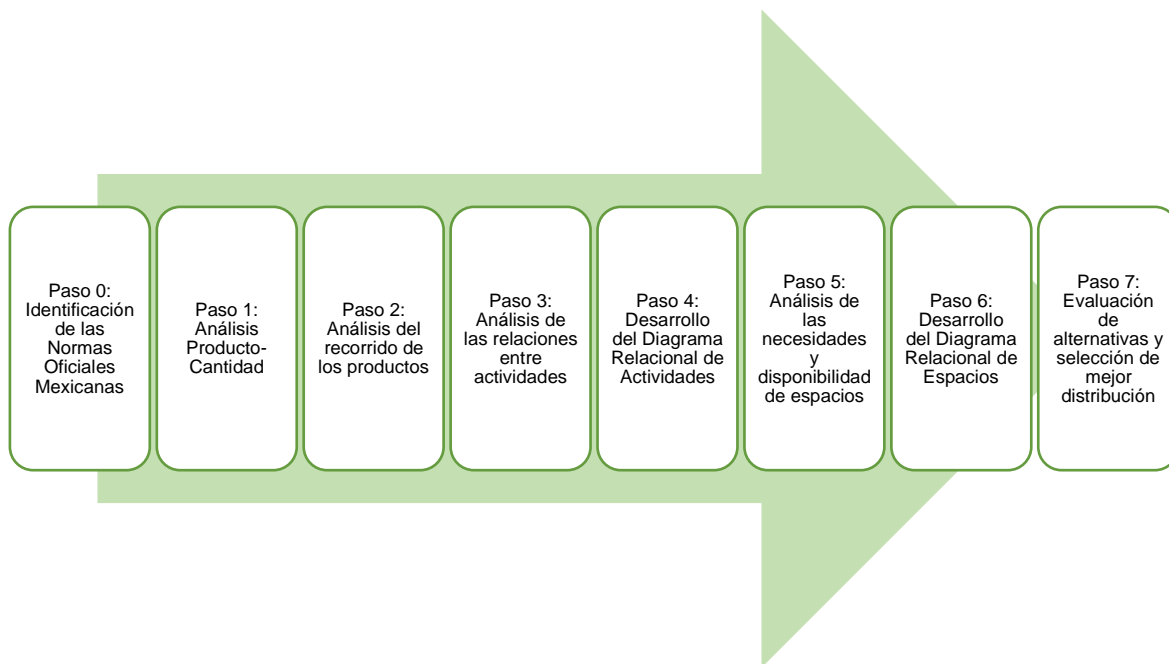


Figura 1 Esquema general de la Metodología SLP considerando la NOM.

4. IMPLEMENTACIÓN.

En esta sección se presenta el desarrollo de la metodología, con el fin de explicar que fue lo que se realizó y que resultados se obtuvieron.

4.1. Paso 0: Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas.

Para el desarrollo de este paso se hizo uso del portal de servicios electrónicos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social el cual tiene a disposición el Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas que tiene la finalidad de ayudar a identificar la normatividad aplicable a una empresa. Para poder hacer uso de este, fue necesario indicar la división, grupo y actividad económica correspondiente a la empresa, conforme al el Catálogo de Actividades para la Clasificación de las Empresas en el Seguro de Riesgos de Trabajo del Instituto Mexicano del Seguro Social. Posteriormente, se procedió a contestar una serie de preguntas y proveer información específica del centro de trabajo. Al concluir, se facilitó una lista con la diferentes NOM's aplicables a la empresa:

Normas de Seguridad:

- NOM-001-STPS-2008 Edificios, locales e instalaciones
- NOM-002-STPS-2010 Prevención y protección contra incendios
- NOM-004-STPS-1999 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
- NOM-006-STPS-2014 Manejo y almacenamiento de materiales
- NOM-020-STPS-2011 Recipientes sujetos a presión y calderas
- NOM-027-STPS-2008 Soldadura y corte
- NOM-029-STPS-2011 Mantenimiento de instalaciones eléctricas

Normas de Salud:

- NOM-011-STPS-2001 Ruido
- NOM-013-STPS-1993 Radiaciones no ionizantes
- NOM-015-STPS-2001 Condiciones térmicas elevadas o abatidas
- NOM-024-STPS-2001 Vibraciones
- NOM-025-STPS-2008 Iluminación

Normas de Organización

- NOM-017-STPS-2008 Equipo de protección personal
- NOM-019-STPS-2011 Comisiones de seguridad e higiene
- NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad
- NOM-030-STPS-2009 Servicios preventivos de seguridad y salud

Las NOM's que resultaron del listado fueron analizadas para localizar los puntos mencionados en estas que deben ser tomados en consideración al momento de realizar el diseño de distribución del taller. A continuación, se mencionan los puntos más relevantes y aplicables a la empresa:

- Contar con sanitarios (retretes, mingitorios, lavabos, entre otros) limpios y seguros para el servicio de los trabajadores
- Las áreas de producción, mantenimiento, circulación de personas y vehículos, las zonas de riesgo, almacenamiento y de servicios para los trabajadores del centro de trabajo, se deben delimitar de tal manera que se disponga de espacios seguros para la realización de las actividades de los trabajadores que en ellas se encuentran.
- Colocar al menos un extintor por cada 300 metros cuadrados de superficie o fracción, si el grado de riesgo es ordinario.
- Delimitación de las zonas de almacenamiento
- Ventilación de acuerdo con el tipo de materiales por almacenar
- Cualquier modificación a un proceso en un centro de trabajo debe ser planeada, instalada, organizada y puesta en funcionamiento de modo que la exposición a ruido de los trabajadores no exceda los límites máximos permisibles
- identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquéllas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento
- Reducir los riesgos en áreas de trabajo (ventilación natural o artificial, por ejemplo, extractores de aire), la protección que se requiere para evitar daños a terceros, para controlar los conatos de incendio que puedan presentarse o para controlar la presencia de agentes químicos, entre otros
- Contar con un extintor tipo ABC que sea de la capacidad acorde al análisis de riesgos potenciales, en un radio no mayor a 7 metros, en el área donde se desarrollen las actividades de soldadura y corte
- Controles específicos para evitar atmósferas explosivas o no respirables

4.2. Paso 1: Análisis Producto-Cantidad.

Se realizó el gráfico P-Q que se muestra en la figura 2, el cual busca representar que es lo que produce la empresa y en que cantidades, para su desarrollo se colocó en el eje de las abscisas los diferentes tipos de maquinaria que se fabrican y en el eje de las ordenadas se colocó las cantidades que se han elaborado, el análisis del gráfico nos sirve para darnos una idea del tipo de distribución que se debería utilizar en el taller, donde se consideró que usar un tipo de distribución por células de manufactura podría ser lo más conveniente debido a que el taller requiere tener flexibilidad de fabricación y la producción no es muy grande.

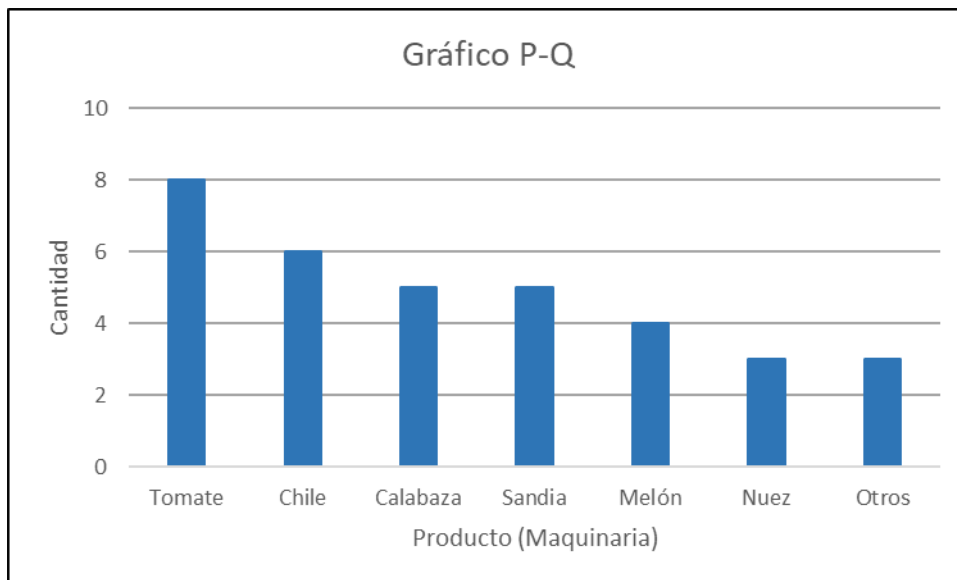


Figura 2 Gráfico P-Q (producto-cantidad).

4.3. Paso 2: Análisis del recorrido de los productos.

Se elaboró un cursograma sinóptico de las actividades en común para la elaboración de las diferentes máquinas con el fin de poder realizar un análisis de la secuencia y del recorrido de las partes que conformarán el producto final. En la figura 3 se puede apreciar la sucesión de pasos requeridos para elaborar la maquinaria de forma general, lo cual nos permite tener un panorama más amplio de las actividades que se realizan.

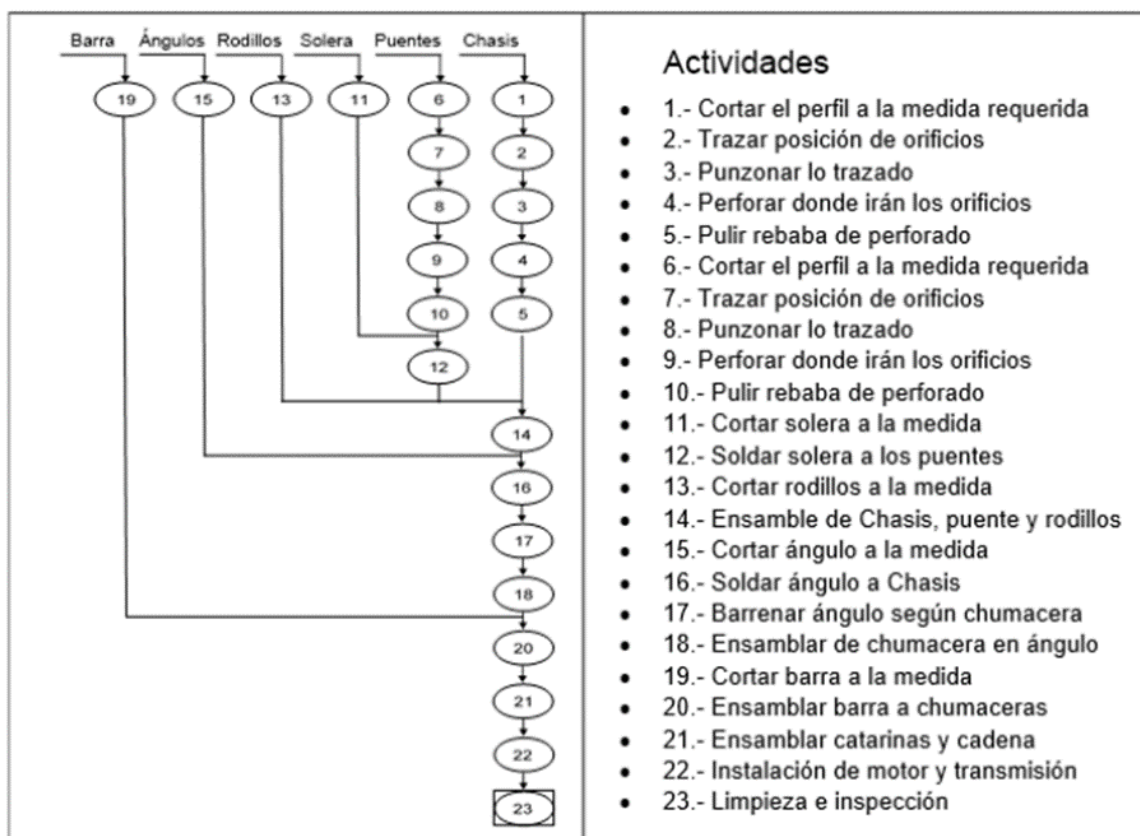


Figura 3 Cursograma sinóptico de la elaboración de la maquinaria.

4.4. Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades.

Se elaboró una matriz relacional de actividades con el fin de poder analizar la intensidad de las interacciones entre las diferentes actividades de producción, medios auxiliares y diferentes servicios, como se aprecia en la figura 4. Se utilizó una escala descendiente con el orden de las vocales: A (Absolutamente necesario), E (Especialmente necesario), I (Importante), O (Ordinario), U (Sin importancia) y X (Indeseable). En este paso fue necesario tomar en consideración los puntos encontrados en las diferentes NOM’s que se mencionaron en el paso 0.

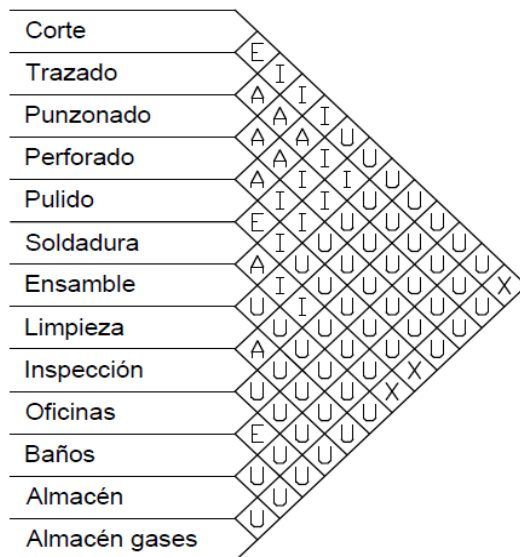


Figura 4 Matriz relacional de actividades.

Después de analizar las intensidades de las interacciones, se percató que las actividades que se identificaron con la letra A (Absolutamente necesarias), son actividades que se pueden realizar en la misma área de trabajo, evitando la necesidad de mover el material y ayudando a reducir la superficie necesario de trabajo, por lo que se decidió crear células de manufacturas en base a dicho análisis, las cuales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Definición de células de trabajo

Actividad	Nombre de Célula
Trazado	Célula 1
Punzonado	
Perforado	
Pulido	
Soldadura	Célula 2
Ensamble	
Limpieza	Célula 3
Inspección	

Posteriormente de agrupar las actividades en células, se volvió a realizar una matriz relacional de actividades bajo las mismas condiciones que la anterior, solo que ahora se busca ver la intensidad de las interacciones sustituyendo las actividades por células de manufactura como se muestra en la figura 5.

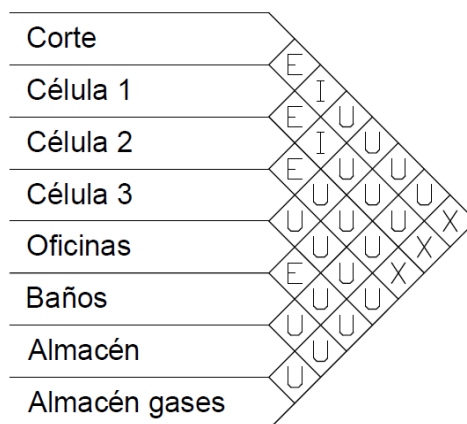


Figura 5 Nueva matriz relacional de actividades.

4.5. Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades.

Las actividades se ordenaron de forma topológica y se indicaron las necesidades de cercanía entre ellas con ayuda del diagrama relacional de actividades que se muestra en la figura 6. Este diagrama se elabora a prueba y error por lo que no se puede asegurar que se obtenga la mejor distribución, esto depende en gran medida de la experiencia e ingenio del diseñador.

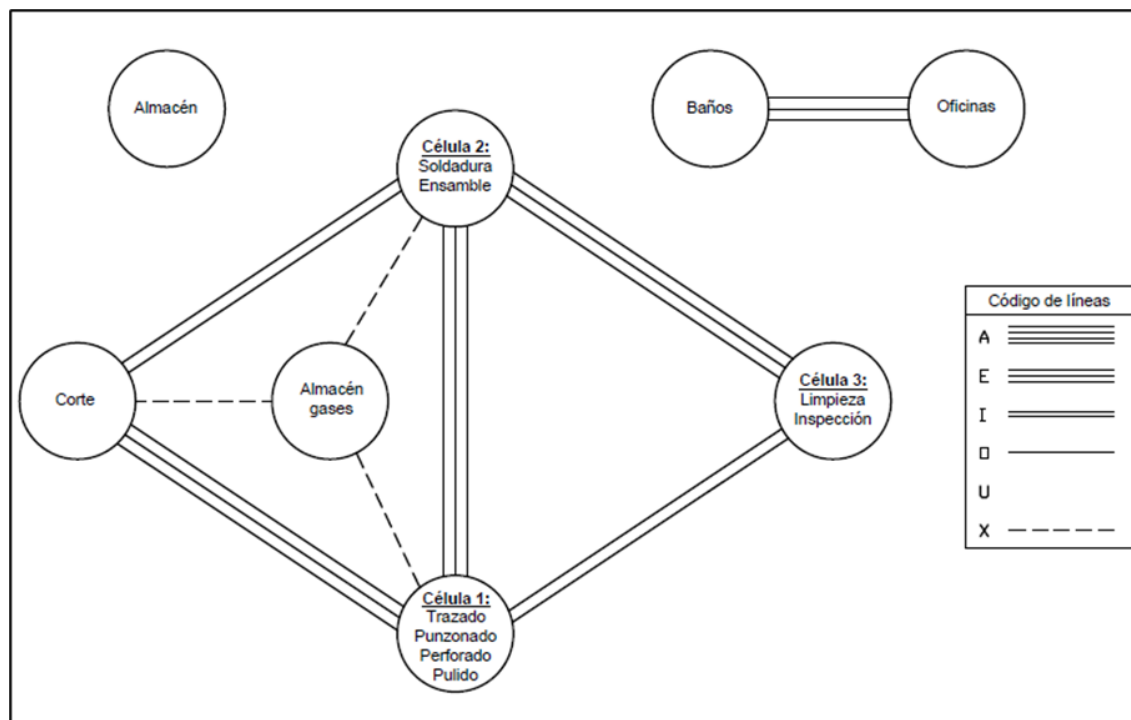


Figura 6 Diagrama relacional de actividades.

4.6. Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

En la tabla 2 se presenta el espacio necesario para que las actividades se puedan desempeñar de manera adecuada y se hace una comparación con el espacio real disponible del taller, el cual es mayor, por lo que no es necesario hacer modificaciones mayores en la edificación. El espacio libre podrá servir para posibles cambios o incrementos de producción.

Tabla 2 Comparación de espacio requerido y disponible.

Espacio requerido		Espacio disponible	
Corte	30 m ²	Planta Baja	206 m ²
Célula 1	24 m ²	Planta Alta	59 m ²
Célula 2	24 m ²	-	-
Célula 3	20 m ²	-	-
Oficinas	44 m ²	-	-
Baños	9 m ²	-	-
Almacén	20 m ²	-	-
Almacén gases	3 m ²	-	-
TOTAL	174 m²	TOTAL	265 m²

4.7. Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

En la figura 7 se presenta el Diagrama Relacional de Espacios, el cual es muy similar al Diagrama Relacional de Actividades, pero con la diferencia que se agrega una representación de la superficie de cada actividad con un rectángulo y se indica en la esquina superior izquierda los metros cuadrados necesario de cada una de ellas.

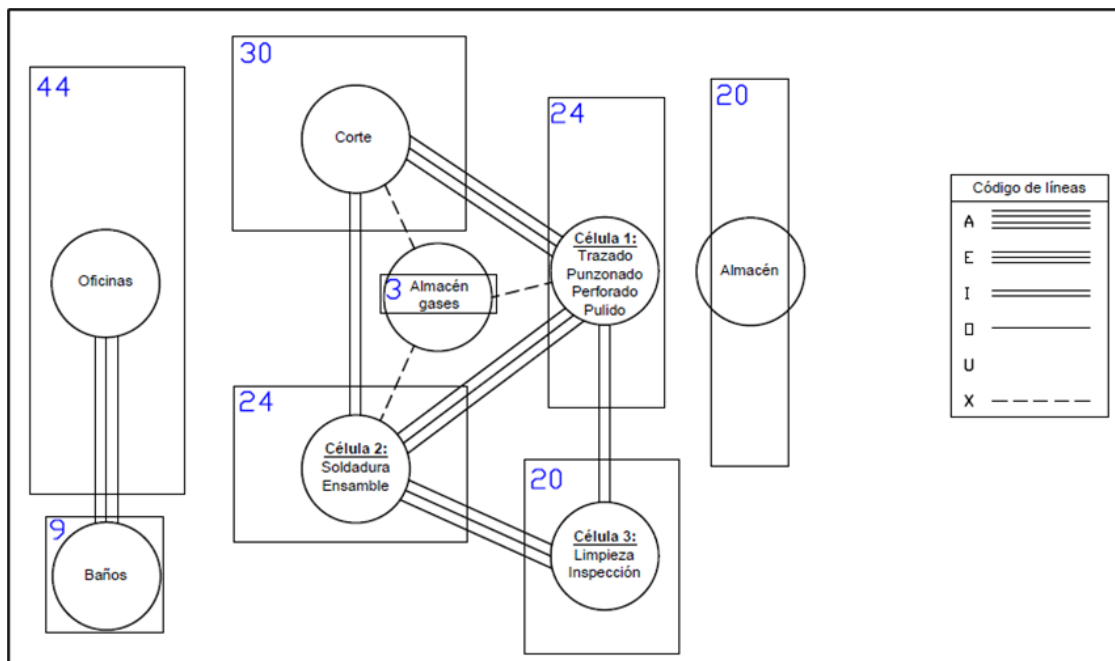


Figura 7 Diagrama Relacional de Espacios

A partir de este diagrama, se realizaron varios bosquejos de posibles distribuciones para el taller, los cuales permiten apreciar de manera sencilla las posibles localizaciones de las actividades en la superficie disponible. En la figura 8 se presentan tres posibles distribuciones, en donde se representan con colores cada una de las actividades. Cabe mencionar que algunas partes de la edificación como el área de Oficinas, Baños y Escaleras, no se consideraron reacomodar debido a que ya forman parte de la infraestructura del taller por lo que sería muy costoso y complejo.

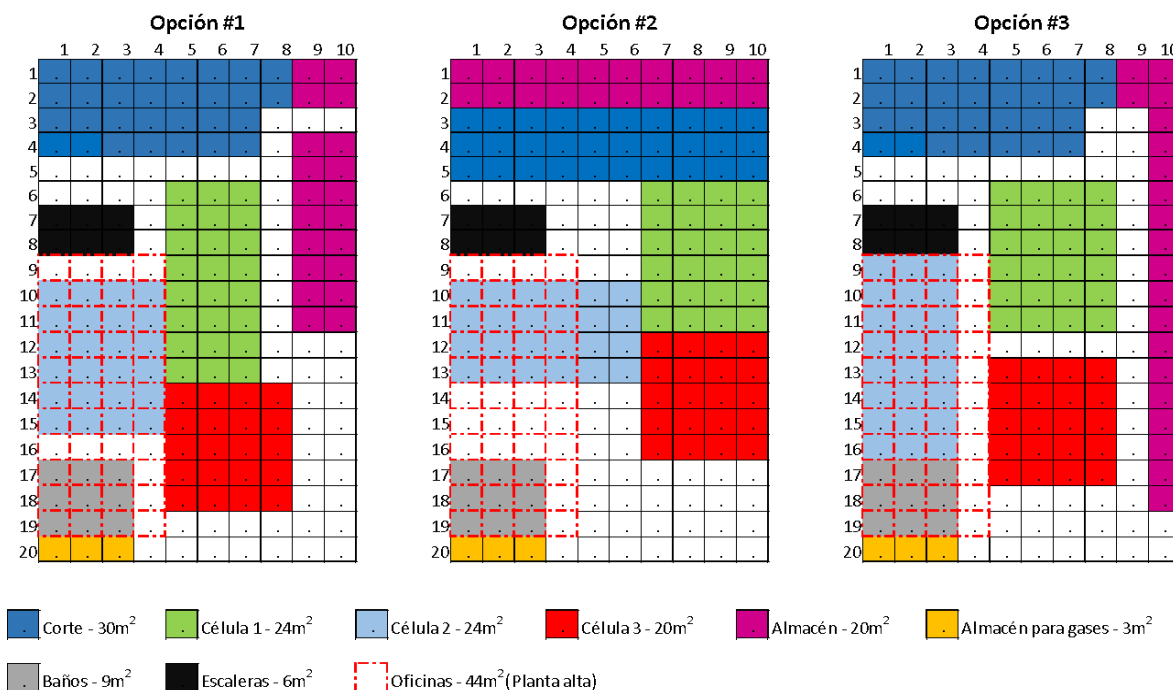


Figura 8 Posibles opciones de distribución del taller.

4.8. Paso 7: Evaluación de las alternativas y selección de la mejor distribución.

Se evaluaron las tres posibles distribuciones que se presentaron en el paso anterior con el objetivo de encontrar la que más se adecúe a las necesidades del taller. Para ello, se utilizó el método de análisis de factores ponderados ya que permite tomar en consideración al personal de la empresa. Dicho análisis consistió en definir varios factores relevantes, asignándoles un peso relativo a cada uno de ellos; y ponderarlos del 1 al 10 en cada uno de los posibles diseños de distribución presentados con ayuda del personal de la empresa. En la tabla 3 podemos observar que, de las opciones de distribución propuestas, la opción #3 es la que obtuvo una mayor puntuación, por lo que está fue la que se implementó en el taller. Cabe mencionar que los factores de productividad y seguridad tiene un mayor peso relativo debido a que estos, son el principal propósito del proyecto.

Tabla 3 Ponderación de las opciones de distribución.

Factores	Peso relativo (%)	Opciones		
		#1	#2	#3
Productividad	25%	8	7	9
Seguridad	25%	9	8	10
Practicidad	12.50%	9	9	8
Circulación	12.50%	9	8	10
Satisfacción del personal	12.50%	9	9	9
Flexibilidad de adaptación	12.50%	9	8	9
Total	100%	8.75	8	9.3

5. CONCLUSIONES.

El desarrollo de este trabajo sirvió a la empresa para poder obtener un taller con una distribución de planta más adecuada a sus necesidades, generando que el personal pueda realizar sus actividades diarias de manera más eficiente y segura. Se puede concluir que el uso de la metodología SLP sigue siendo muy útil cuando se ocupa realizar una distribución de planta debido a que sus pasos sistemáticos son claros y fáciles de seguir, además, agregar el paso 0 a la metodología fue de ayuda para poder identificar la intensidad de necesidad entre actividades con mayor claridad, así como al momento de realizar las posibles opciones de distribución del taller al tener una mejor visión de lo requerido. Asimismo, el hecho de considerar las NOM's en el proyecto, evita que en un futuro se tenga que volver a redistribuir para cumplir con la normatividad y se asegura que se cumplan los puntos aplicables desde la fase del diseño de distribución.

Un punto muy importante en la elaboración de este trabajo fue la creación de células de manufactura, ya que al agrupar las actividades se reduce el espacio necesario de trabajo, permitiendo eficientizar el taller al poder desarrollar el mismo trabajo en un menor espacio físico. Además, gracias a la creación de células de manufactura, en el paso 4 se pudo desarrollar un diagrama relacional de actividades más simplificado y entendible; en el paso 5 se logró que no se tuviera complicación en satisfacer las necesidades de espacio.

6. REFERENCIAS.

- [1] Diego-Más, José. (2006). *Tesis Doctoral: Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- [2] Davis-Sramek, Beth; Mentzer, John; Stank, Theodore. (2008). *Creating consumer durable retailer customer loyalty through order fulfillment service operations*. Journal of Operations Management. 26, 6, 781–797.
- [3] Pantoja, Cielo; Orejuela, Juan; Bravo, Juan. (2017). *Metodología de distribución de plantas en ambientes de agrupación celular*. Estudios Gerenciales. 33, 143, 132-140.
- [4] Drira, Amine; Pierreval, Henri; Hajri-Gabouj, Sonia. (2007). *Facility layout problems: A survey*. Annual Reviews in Control. 31, 2, 255–267.
- [5] Mahdavi, Iraj; Teymourian, Ehsan; Baher, Nima; Kayvanfar, Vahid. (2013). *An integrated model for solving cell formation and cell layout problem simultaneously considering new situations*. Journal of Manufacturing Systems. 32, 4, 655–663.
- [6] Dixit, Amit; Gupta, Manish. (2013). *Current status, enablers and barriers of implementing cellular manufacturing system in Indian industries*. Advances in Manufacturing. 1, 4, 346–356.
- [7] Pérez-Gosende, Pablo. (2016). *Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño*. Revista de Administração de Empresas. 56, 5, 533-546.
- [8] Príncipe-Rodríguez, Junior; Ruiz-Gómez, Percy; Gutiérrez, Elías; Calla-Delgado, Victor. (2015). *Diseño de la distribución de Planta del Área de Maestranza para mejorar la productividad en el servicio de reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S. A. C. INGNosis Revista de Investigación Científica*. 1, 1, 192–217.

- [9] Paredes, Andrés; Peláez, Kelly; Chud, Vivian; Payan, Jorge; Alarcón, Diana. (2016). *Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP*. Scientia et Technica. 21, 4, 318–327.
- [10] Cárdenas, Daniel. (2017). *Tesis: Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa MV Construcciones LTDA de la comuna de Llanquihue*. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile.
- [11] Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2019). *Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo.
- [12] Blanco, Luz; Sirlupú, Luisa. (2015). *Tesis: Diseño e implementación de células de manufactura para aumentar la productividad en el área de armado de una empresa de calzado para dama*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- [13] Giovanna, Valeria; Chalus, Analuisa. (2015). *Distribución de planta de la empresa de Calzado Boom's de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Job Shop Flexible con solapamiento de operaciones y mano de obra restringida. Un caso de estudio

Kañevsky, Federico*; Galli, María Rosa*(1)

*Dept. Ingeniería Industrial. UTN-FRSF
Santa Fe, Argentina. ficokanievsky@hotmail.com
(1) INGAR-UTN-CONICET
Santa Fe, Argentina. mrgalli@santafe-conicet.gov.ar*

RESUMEN.

Este trabajo aborda el problema de planificación de tareas en un taller que trabaja bajo un sistema tipo Job Shop, donde los tiempos de setup de las máquinas son determinantes para el cálculo del Makespan como así también la disponibilidad de mano de obra capacitada para el manejo de las diferentes máquinas de alta complejidad y con posibilidad de solapamiento de operaciones. Se propone una formulación de programación mixta entera lineal que ha permitido resolver la planificación semanal de un taller de tornos de control numérico dedicado a la fabricación de repuestos para máquinas, en tiempos razonables.

Palabras Claves: Job shop flexible; Programación Entera Mixta; Setup; Solapamiento de operaciones; Mano de obra.

ABSTRACT

This paper addresses the scheduling problem in workshops that work under a Job Shop type system, where the setup times of the machines are decisive for the Makespan calculation, as well as the manpower availability for handling different high complexity machines and with the possibility of overlapping in operations.

A linear integer mixed formulation is proposed that has made it possible to solve the weekly planning of a numerical control lathe workshop dedicated to the manufacture of spare parts for machines in reasonable times.

Keywords: Flexible Job Shop; MILP; Setup; Overlapping in operations; Manpower.

1. INTRODUCCIÓN.

Un problema clásico de Job Shop Flexible (FJSP), es un problema de secuenciamiento donde un conjunto de trabajos debe ser procesado en un conjunto de máquinas y cada trabajo consiste de un conjunto de operaciones que deben ser realizadas en un orden preestablecido en alguna de dichas máquinas, habiendo varias máquinas alternativas para cada operación.

Muchos autores han presentado modelos matemáticos para representar el problema clásico o bien con consideraciones adicionales [1]. En general, en estas formulaciones los tiempos de setup de las máquinas no son significativos y se incluyen en el tiempo de procesamiento de un lote. Algunos autores han considerado secuenciamientos dependientes de los tiempos de setup [2]. Otros han considerado restricciones en dos tipos de recursos [3], solapamiento de operaciones [4], o división de lotes [5], en general, cada característica en forma aislada.

En este trabajo se presenta una formulación matemática para resolver el problema de planificación en un taller de manufactura de repuestos de máquinas agrícolas de la ciudad de Santa Fe que trabaja a pedido. Se caracteriza por una muy amplia gama de productos y lotes de producción relativamente pequeños. Se dispone de tornos de control numérico computarizado que permiten realizar las diferentes tareas de torneado requeridas. El proceso de fabricación de cada artículo requiere de un conjunto de operaciones diferentes, a realizarse en una secuencia también diferente. Se necesita personal especializado para realizar el setup y la operación propiamente dicha de cada máquina (carga y descarga de material), y es este el recurso escaso en la empresa. No todos los operarios están capacitados para realizar todas las operaciones requeridas. Los tiempos de setup son muy significativos, motivo por el cual deben ser cuidadosamente considerados en el modelo, aunque no es necesario considerar setup dependiente de la secuencia. Los operarios pueden realizar la operación de dos tornos simultáneamente siempre que el tiempo de procesamiento de las piezas sea mayor al tiempo requerido para el traslado entre tornos. También debe considerarse la existencia de lotes de transporte, lo que implica el comienzo de una operación sin completar el lote completo en la operación antecesora. Los modelos publicados no consideran todas estas condiciones simultáneamente. En el presente trabajo se presenta un modelo de optimización lineal mixto, es decir, con variables continuas y binarias (MILP, del inglés Mixed-Integer Linear Programming) para resolver el problema mencionado arriba.

En sección 2 se caracteriza un proceso tipo Job Shop y su planificación. En sección 3 se presenta las características del problema a resolver y la notación utilizada en la formulación del modelo desarrollado en sección 4. En sección 5 se presentan brevemente los resultados alcanzados al aplicar el modelo para programar la producción semanal del taller en estudio y en sección 6 se presentan las conclusiones.

2. PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS TIPO JOB SHOP

Un sistema productivo tipo Job Shop se tiene como característica principal que las tareas realizadas no tienen por qué pasar por los procesos en el mismo orden. Esto implica que los productos tienen una relación de secuencias y procesos particulares. El Job Shop, conocido también como enfoque estratégico orientado al proceso, se aplica de manera conveniente en organizaciones que manejan bajos volúmenes de producción y ofrecen una gran variedad de productos. Este sistema permite que la empresa se adapte a las diferentes necesidades de los clientes gracias a la flexibilidad del proceso. Uno de los aspectos que complican la implementación del sistema Job Shop es la alta complejidad de su programación. La causa principal es la alta variabilidad de la secuencia de procesos, tiempos de procesamiento, tamaño de lote, reutilización de estaciones de trabajo, etc.

Una variación del Job Shop es el conocido Job Shop Flexible, el cual considera la posibilidad de tener máquinas en paralelo, lo cual agrega complejidad a la programación, ya que se debe tener en cuenta un factor adicional a la hora de programar, esto es, la asignación de los productos a las máquinas disponibles dentro de un centro de trabajo.

Para programar un sistema Job Shop se suelen utilizar [reglas de asignación](#), establecer y hacer seguimiento a los indicadores de producción más relevantes para la compañía, y evaluarlos con las alternativas de prioridad. Esto, si bien otorga herramientas que ayudan a realizar la tarea de planificación, no asegura las mejores soluciones.

Una forma sistemática y óptima para definir una planificación es mediante la Programación matemática, la cual brinda las herramientas suficientes para que con base en abstracciones de la realidad se puedan generar y resolver modelos matemáticos de optimización que permiten sustentar cuantitativamente las decisiones.

En este trabajo se aplicará programación matemática para obtener sistemáticamente planificaciones óptimas. El modelo matemático desarrollado considera, usando variables continuas y binarias, las restricciones estructurales y lógicas que debe cumplir cada solución factible. El modelo desarrollado puede resolverse con cualquier software que implemente algoritmos de optimización MILP. Particularmente en este trabajo se utilizó LINGO 17.0 [6].

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NOTACIÓN.

El problema de FJSP que se desarrolla en este trabajo asume las siguientes consideraciones:

1) El orden de las operaciones para cada trabajo es fijo y conocido, 2) No se admiten prioridades, 3) Todas las máquinas están disponibles a tiempo 0, 4) Cada máquina puede procesar solo una operación a la vez, 5) No se puede interrumpir una operación durante su ejecución, 6) Se admite el solapamiento de operaciones sucesivas de un mismo trabajo en máquinas diferentes, 7) Existe un tiempo de setup dependiente de la máquina y el trabajo a desarrollar independiente de la secuencia, 8) Recurso de mano de obra limitado y 9) Existencia de operarios sin capacidad para el acondicionamiento y procesado de ciertas máquinas.

La notación utilizada en este trabajo es la siguiente:

3.1. Conjuntos.

OPR: Conjunto total de operaciones a realizar.

AR: Conjunto de artículos a procesar.

OPER_(a): Subconjunto de operaciones a realizar sobre el artículo $a \in AR$. (se enumeran en forma ascendente, de modo que, dentro del subconjunto, queda especificada la secuencia).

MAQ: Conjunto de máquinas (tornos) disponibles.

E: Conjunto de operarios disponibles.

3.2. Parámetros.

NE: Número total de operarios disponibles.

SetUp_{r,m}: Tiempo de Setup de operación r en máquina m .

TPrU_{r,m}: Tiempo de procesamiento unitario de la operación r en máquina m .

TPrL_{r,m}: Tiempo de procesamiento del lote de operación r en máquina m .

LTr: Lote de transporte. Número de piezas que se transportan entre dos máquinas que realizan operaciones sucesivas sobre un mismo artículo.

Tx: tiempo suficiente para que un operario camine de una máquina a la otra, realice la carga y descarga de la pieza y vuelva a la máquina inicial.

3.3. Parámetros Binarios.

MR_{r,m}=1 si la operación r puede realizarse en la máquina m , y 0 en caso contrario.

EmS_{o,m}=1 si el empleado o está capacitado para programar la máquina m , y 0 en caso contrario.

EmP_{o,m}=1 si el empleado o está capacitado para operar la máquina m , y 0 en caso contrario.

3.4. Variables de Decisión Continuas no Negativas.

IS_{r,m}: Tiempo de inicio de Setup de la operación r en máquina m .

IO_{r,m}: Tiempo de inicio de la operación r en máquina m .

FO_{r,m}: Tiempo de finalización de la operación r en máquina m .

Tmx: Makespan.

3.5. Variables de Decisión Binarias.

U_{o,r}=1 si el operario o realiza el Setup de la operación r , y 0 en caso contrario.

X_{o,r}=1 si el operario o realiza la operación r , y 0 en caso contrario.

OP_o=1 si el operario o realiza alguna actividad, y 0 en caso contrario.

Y_{r,s}=1 si la operación r antecede a la operación $s \neq r$, y 0 en caso contrario.

Z_{r,m}=1 si la operación r se realiza en la máquina m , y 0 en caso contrario.

4. FORMULACIÓN MATEMÁTICA.

El modelo mixto entero lineal (MILP) desarrollado, que tiene como objetivo minimizar el tiempo que se tarda en realizar el conjunto completo de trabajos (makespan), tiene la siguiente formulación:

Minimizar *Tmx*
Sujeto a

$$Y_{r,s} + Y_{s,r} = 1 \quad (\forall r, s \in OPR, s < r), \quad (1)$$

$$\sum_{m \in MAQ} Z_{r,m} = 1 \quad (\forall r \in OPR), \quad (2)$$

$$\sum_{o \in E} X_{o,r} = 1 \quad (\forall r \in OPR), \quad (3)$$

$$\sum_{o \in E} U_{o,r} = 1 \quad (\forall r \in OPR), \quad (4)$$

$$X_{o,r} \leq \sum_{m \in MAQ, MR_{r,m}=1, EmP_{o,m}=1} Z_{r,m} \quad (\forall r \in OPR, \forall o \in E), \quad (5)$$

$$U_{o,r} \leq \sum_{m \in MAQ, MR_{r,m}=1, EmS_{o,m}=1} Z_{r,m} \quad (\forall r \in OPR, \forall o \in E), \quad (6)$$

$$\sum_{r \in OPR} (X_{o,r} + U_{o,r}) \leq M \times OP_o \quad (\forall o \in E), \quad (7)$$

$$\sum_{o \in E} OP_o \leq NE \quad (8)$$

$$IO_{r,m} \geq IS_{r,m} + Setup_{r,m} \times Z_{r,m} \quad (\forall r \in OPR, \forall m \in MAQ, MR_{r,m} = 1), \quad (9)$$

$$FO_{r,m} \geq IO_{r,m} + TPrL_{r,m} \times Z_{r,m} \quad (\forall r \in OPR, \forall m \in MAQ, MR_{r,m} = 1), \quad (10)$$

$$FO_{r,m} - IS_{s,m} \leq M(1 - Y_{r,s}) \quad (\forall r \in OPR, \forall m \in MAQ, MR_{r,m} = 1, \forall s \in OPR, r < s \wedge MR_{s,m} = 1), \quad (11)$$

$$IO_{s,n} \geq IO_{r,m} + LTr TPrU_{r,m} + M(Z_{r,m} + Z_{s,n} - 2) \quad (\forall a \in AR, \forall m, n \in MAQ, \forall r \in OPER(a), MR_{r,m} = 1 \wedge \frac{TPrL_{r,m}}{TPrU_{r,m}} \geq LTr, \forall s \in OPER(a), MR_{s,n} = 1 \wedge r < s), \quad (12)$$

$$FO \geq FO_{r,m} + LTr TPrU_{r,m} + M(Z_{r,m} + Z_{s,n} - 2) \quad (\forall a \in AR, \forall m, n \in MAQ, \forall r \in OPER(a), MR_{r,m} = 1 \wedge \frac{TPrL_{r,m}}{TPrU_{r,m}} \geq LTr, \forall s \in OPER(a), MR_{s,n} = 1 \wedge r < s), \quad (13)$$

$$IO_{s,n} \geq FO_{r,m} + M(Z_{r,m} + Z_{s,n} - 2) \quad (\forall a \in AR, \forall m, n \in MAQ, \forall s \in OPER(a), \forall r \in OPER(a), MR_{r,m} = 1 \wedge \frac{TPrL_{r,m}}{TPrU_{r,m}} < LTr,), \quad (14)$$

$$FO_{s,n} \geq FO_{r,m} + M(Z_{r,m} + Z_{s,n} - 2) \quad (\forall a \in AR, \forall m, n \in MAQ, \forall r \in OPER(a), MR_{r,m} = 1, \forall s \in OPER(a), MR_{s,n} = 1, r < s), \quad (15)$$

$$IS_{s,n} \geq IS_{r,m} + Setup_{r,m} + M(U_{o,r} + U_{o,s} + Y_{r,s} + Z_{r,m} + Z_{s,n} - 5) \quad (\forall r, s \in OPR, r \neq s, \forall m, n \in MAQ, MR_{r,m} = 1, MR_{s,n} = 1, \forall o \in E, EmS_{o,m} = 1 \wedge EmS_{o,n} = 1) \quad (16)$$

$$IS_{s,n} \geq FO_{r,m} + M(X_{o,r} + U_{o,s} + Y_{r,s} + Z_{r,m} + Z_{s,n} - 5) \quad (\forall r, s \in OPR, r \neq s, \forall m, n \in MAQ, MR_{r,m} = 1, MR_{s,n} = 1, \forall o \in E/EmP_{o,m} = 1 \wedge EmS_{o,n} = 1), \quad (17)$$

$$IO_{s,n} \geq IS_{r,m} + Setup_{r,m} + M(U_{o,r} + X_{o,s} + Y_{r,s} + Z_{r,m} + Z_{s,n} - 5) \quad (\forall r, s \in OPR, r \neq s, \forall m, n \in MAQ, MR_{r,m} = 1, MR_{s,n} = 1, \forall o \in E, EmS_{o,m} = 1 \wedge EmP_{o,n} = 1) \quad (18)$$

$$IO_{s,n} \geq FO_{r,m} + M(X_{o,r} + X_{o,s} + Y_{r,s} + Z_{r,m} + Z_{s,n} - 5) \quad (\forall r, s \in OPR, r \neq s, \forall m, n \in MAQ, n \neq m, MR_{r,m} = 1, MR_{s,n} = 1, TPrU_{r,m} > Tx, TPrU_{s,m} > Tx, \forall o \in E, EmP_{o,m} = 1 \wedge EmP_{o,n} = 1), \quad (19)$$

$$FO_{r,m} \leq Tmx \quad (\forall r \in OPR, \forall m \in MAQ, MR_{(r,m)} = 1). \quad (20)$$

4.1. Restricciones lógicas.

El conjunto de restricciones (1) representa el posible orden entre dos operaciones que pueden pertenecer al mismo trabajo o no. El conjunto de restricciones (2) indica que cada operación se realiza en una única máquina. Los conjuntos de restricciones (3) y (4) aseguran asignar un único operario a cada operación y cada actividad de setup, respectivamente. El conjunto de restricciones (5) impone que un operario pueda efectuar una operación sólo si la misma se lleva a cabo en alguna de las máquinas que pueda realizar dicha operación y si el operario está capacitado para realizarla. El conjunto de restricciones (6) impone lo análogo para las actividades de setup. El conjunto de restricciones (7) representa que un operario trabaja efectivamente si se lo requiere para alguna operación propiamente dicha o algún setup y la restricción (8) limita el número de operarios a utilizar al número de empleados disponibles.

4.2. Restricciones de secuenciación de actividades en cada máquina.

El conjunto de restricciones (9) indica que, si una operación se realiza en una máquina determinada, el tiempo de inicio de la operación debe ser posterior a la finalización del proceso de setup de dicha máquina y el conjunto de restricciones (10), que el tiempo final de dicha operación no debe ser menor a su tiempo de inicio más el tiempo de procesamiento del lote. El conjunto de restricciones (11) impone que, si dos operaciones se realizan en una misma máquina, la que se realiza primero debe finalizar antes que comience el setup de la siguiente.

4.3. Restricciones de secuenciación de actividades sobre un mismo artículo.

En situaciones donde el número de piezas a manufacturar es grande o los tiempos de procesamiento son elevados resulta conveniente no procesar el lote completo de un artículo antes de realizar la siguiente operación. En esos casos, permitir cierto grado de solapamiento entre operaciones sucesivas de un mismo trabajo en máquinas diferentes refleja situaciones reales que pueden observarse comúnmente en empresas de manufactura. El lote de transporte es la cantidad de piezas en proceso que se transporta de una máquina a otra entre operaciones sucesivas. Si el lote de transferencia es menor al lote total a procesar, se produce solapamiento de las operaciones.

El conjunto de restricciones (12) considera que si dos operaciones que se realizan sobre un mismo artículo, pero en máquinas diferentes, la operación que se realiza más tarde no puede comenzar antes de que finalice la actividad anterior sobre el lote de transporte. El conjunto de restricciones (13) impone que la operación que se realiza a continuación nunca puede finalizar antes de que se termine de procesar el lote de transporte de la operación anterior. Este conjunto de restricciones toma importancia cuando la velocidad de procesamiento de la operación que se realiza después es mayor a la de la operación anterior.

El conjunto de restricciones (14) considera que, si el lote de transporte es mayor que el tamaño total del lote, el lote completo se debe procesar antes de pasar a la máquina siguiente. El conjunto de restricciones (15) impone que, en todos los casos, el tiempo final de una operación no puede ser mayor que el tiempo final del lote completo de la operación anterior.

4.4. Restricciones de secuenciación de actividades según la disponibilidad de operarios.

El conjunto de restricciones (16) impone que, si un mismo operario realiza el setup de dos operaciones, el inicio del setup de la operación sucesora debe ser posterior al final del setup de la otra operación. El conjunto de restricciones (17) considera que, si un mismo operario realiza una operación y el setup de otra operación que la sucede, el inicio del setup debe ser posterior al final de la operación. El conjunto de restricciones (18) indica que, si un mismo operario realiza una operación y el setup de otra operación que la antecede, la operación no puede comenzar hasta que no finalice el setup correspondiente.

Generalmente un trabajador no puede operar dos máquinas simultáneamente. En algunos casos, como en la operación de tornos computarizados, puede hacerlo si el tiempo de operación unitario en cada máquina supera un cierto umbral (T_x) conocido, por ejemplo, por el tiempo de traslado de una máquina a otra más el tiempo de carga y descarga de una pieza. Si este no es el caso, $T_x = \infty$. El conjunto de restricciones (19) impone que un operario puede operar más de una máquina simultáneamente sólo si el tiempo de operación unitario en cada máquina es mayor a T_x .

La restricción (20) determina el makespan, es decir, el tiempo que se tarda en realizar el conjunto completo de trabajos, medida objetivo a ser minimizada.

5. CASO DE ESTUDIO.

La empresa en estudio es una empresa de Ingeniería en repuestos de la provincia de Santa Fe, dedica a la fabricación de repuestos para máquinas agrícolas. La línea de fabricación estándar es de aproximadamente 1000 componentes, entre ellos, engranajes rectos y helicoidales, paliers, puntas de eje, engranajes cónicos y cajas diferenciales. El proceso de fabricación de cada producto

requiere de un conjunto diferente de operaciones a realizarse en una secuencia también diferente. Con el fin de llevar a cabo eficientemente un proceso de producción tipo Job Shop, la planta de producción está dividida en cuatro Sectores: Dentado, Tornos CNC, Mecanizados varios y Tratamientos térmicos.

El sector más crítico de la empresa es el sector Tornos, el que cuenta con 6 máquinas (Perforadora vertical, torno paralelo Pittler, torno CNC Hyundai, torno CNC Doosan, torno CNC Victor Taichung y Centro de Mecanizado Macro Micro) y dispone de 3 operarios, no todos capacitados para calibrar todos los tornos, contando también con un cuarto operario que se destina al sector sólo en caso excepcionales.

La gerencia de producción ha observado que, si bien los tornos principales (CNC) pertenecientes al sector antes mencionado permanecen entre un 25% y un 76% sin utilizar (ver Tabla 1), la cantidad de material en proceso a la espera de ser procesado en sector Tornos es constante. Por este motivo la empresa está considerando la mejor planificación de las tareas en este sector y si es necesario capacitar operarios para poder desempeñarse en esta área y de esa forma lograr una mayor utilización de las máquinas y eliminar el cuello de botella que implica este sector para el proceso productivo. A modo de ejemplo se describe la situación en una semana típica (42,5 hs. disponibles) en la que se requiere la producción de 10 artículos, lo que implica la realización 20 operaciones, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1: Utilización promedio actual de las máquinas del sector Tornos CNC

Nº	Máquina	Producción [%]	Setup [%]	Tiempo muerto [%]
1	Perforadora Vertical	3,42	1,18	95,4
2	Torno paralelo Pittler	2,36	3,53	94,11
3	Torno CNC Hyundai	39,08	36,47	24,45
4	Torno CNC Doosan	26,92	21,18	51,90
5	Torno CNC Victor Taichung	40,38	28,24	31,39
6	Centro de Mec. Macro Micro	23,18	0,59	76,24

Tabla 2. Orden de Producción para la semana en estudio

Pieza Nº	Tamaño del lote	Operaciones requeridas
1	100	1 – 2
2	100	3 – 4
3	12	5 – 6
4	87	7 – 8 – 9
5	25	10 -11-12
6	10	13 – 14
7	6	15
8	12	16 – 17
9	96	18 – 19
10	150	20

Todos los operarios pueden operar las distintas máquinas, pero sólo algunos están capacitados para realizar el setup, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Capacidad de cada operario para programar cada máquina (parámetro EmS)

Operario	Máquina					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	0
3	1	0	1	1	1	0
4	0	0	0	1	1	0

En la Tabla 4 se detallan las máquinas donde pueden realizarse las distintas operaciones ($MR_{r,m}$) y en la Tabla 5 se listan los tiempos de setup y de procesamiento de cada operación en cada máquina.

Tabla 4: Máquina factible de realizar cada operación (parámetro MR)

Operación	Máquina						Pieza
	1	2	3	4	5	6	
1	0	0	1	1	1	0	1
2	0	1	0	0	0	0	

3	0	0	1	1	1	0	2
4	0	0	0	0	0	1	2
5	0	0	1	1	1	0	3
6	0	0	1	1	1	0	3
7	1	0	0	0	0	0	4
8	0	0	1	1	0	0	4
9	0	0	1	1	0	0	4
10	0	0	0	0	1	0	5
11	0	0	0	0	1	0	5
12	0	0	0	0	1	0	5
13	0	0	1	1	0	0	6
14	0	0	1	1	0	0	6
15	0	0	0	0	1	0	7
16	0	0	1	1	0	0	8
17	0	0	1	1	0	0	8
18	0	0	1	1	0	0	9
19	0	0	1	1	0	0	9
20	0	0	0	0	0	1	10

Tabla 5: Tiempos de setup y procesamiento por lotes [hs.]

Oper	Máquina											
	1		2		3		4		5		6	
	setu p	Proc	setup	Proc	setup	Proc	setup	Proc	setup	Proc	setup	Proc
1	0	0	0	0	2,00	4,35	2	4,35	2	4,35	0	0
2	0	0	1,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3,8	0	3,80	0	3,80	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5	0	0	0	0	1,25	0,50	1,25	0,50	1,25	0,50	0	0
6	0	0	0	0	1,25	0,50	1,25	0,50	1,25	0,50	0	0
7	0,5	1,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	2,5	1,96	2,5	1,96	0	0	0	0
9	0	0	0	0	2,5	1,96	2,5	1,96	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,82	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	5,82	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	3,02	0	0
13	0	0	0	0	6	2,50	6	2,50	0	0	0	0
14	0	0	0	0	2,5	3,00	2,5	3,00	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2,50	0	0
16	0	0	0	0	2,5	2,52	2,5	2,52	0	0	0	0
17	0	0	0	0	2,5	2,52	2,5	2,52	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	2,88	0	2,88	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1,5	1,56	1,5	1,56	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	5,85

Durante la semana de producción analizada la distribución de operaciones fue la que se muestra en el diagrama de Gantt de la Figura 1. En la Figura 2 se muestra cómo se distribuyeron las tareas de setup y operación de cada máquina entre los tres operarios que ejecutaron el plan de producción. La Figura 3 muestra, para cada pieza, cuáles fueron las máquinas utilizadas para las distintas operaciones y la Figura 4, cómo fue la asignación de tareas a cada operario durante dicho período. Puede observarse que el operario 3 realiza, en varias ocasiones, tareas de setup y procesamiento simultáneamente, lo que provoca mayor consumo de tiempo para la realización de ciertas operaciones.

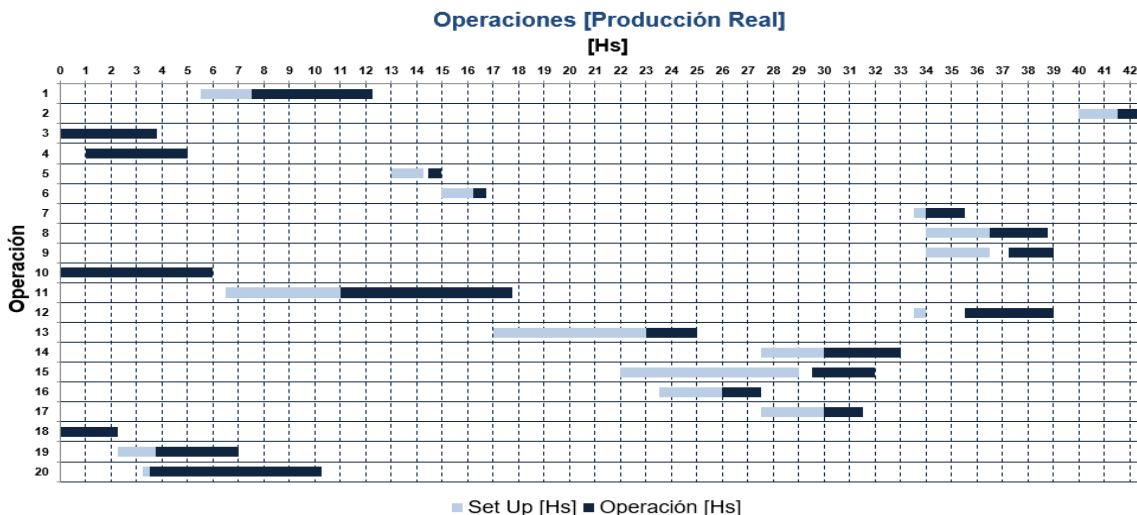


Figura 1. Distribución de operaciones llevadas a cabo durante el período de estudio.

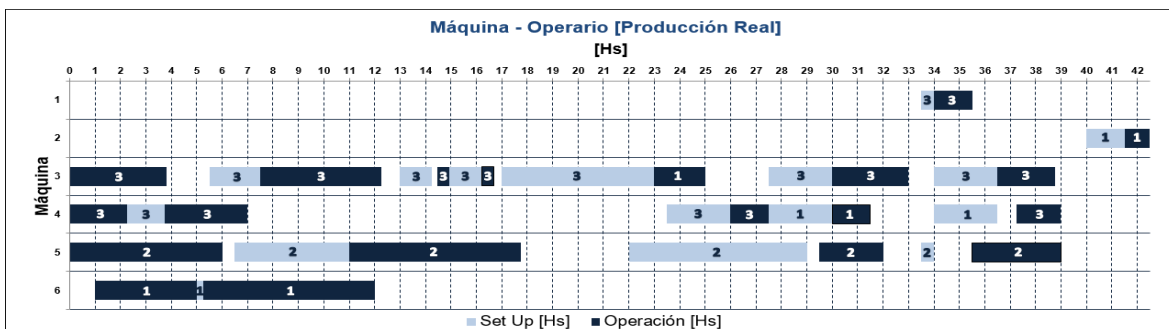


Figura 2. Distribución de operarios que realizaron las tareas de setup y operación de cada máquina durante el período de estudio. Los números dentro de las barras indican el operario asignado.

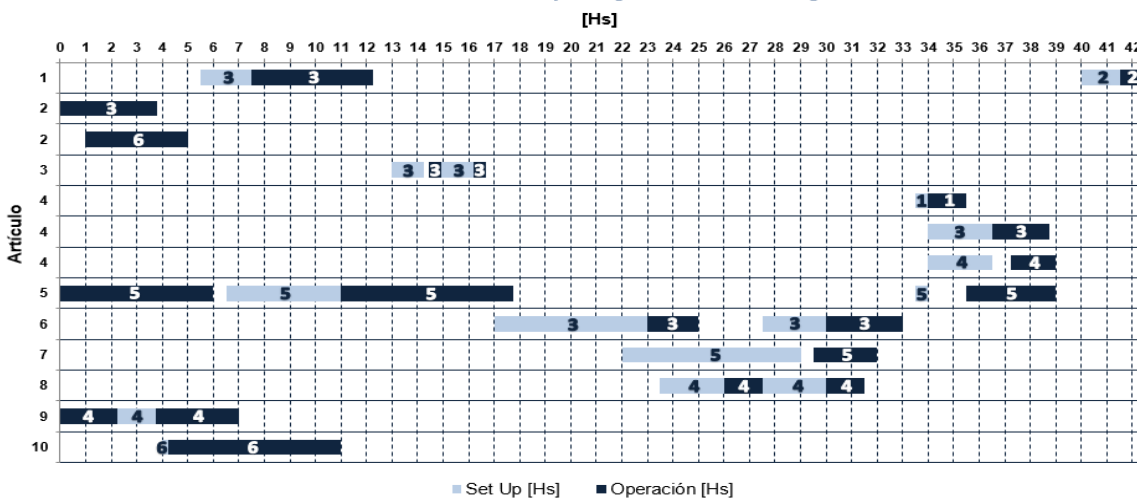


Figura 3. Máquinas utilizadas para procesar cada pieza (o artículo) durante el período de estudio. Los números dentro de las barras indican la máquina utilizada.

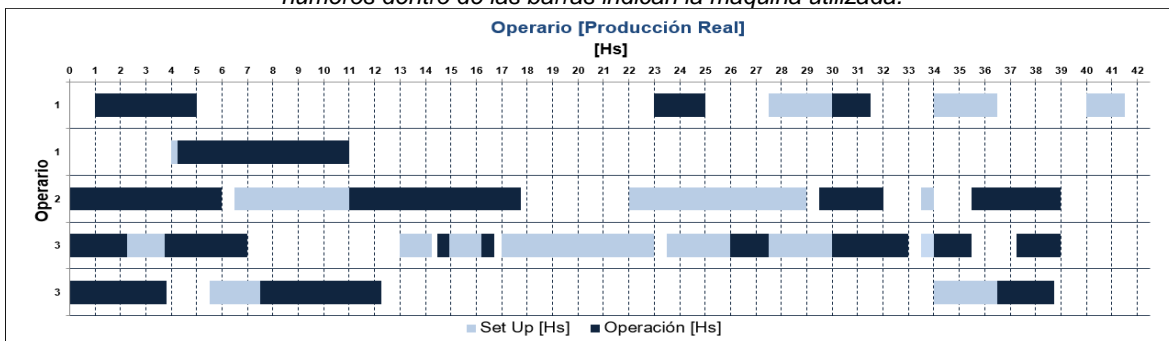


Figura 4. Distribución de tareas para cada operario durante el período estudiado.

Con el fin de proponer mejoras en la planificación que permitan aumentar el tiempo de utilización de máquinas en el sector Tornas CNC y, por consiguiente, disminuir el cuello de botella que produce

este sector, se resolvió el modelo MILP presentado en la sección anterior considerando tres posibles escenarios: disponer de 4, 3 y 2 operarios.

5.1. Escenario 1.

Ante la sugerencia de la empresa de aumentar el número de operarios afectados al sector, se resolvió el modelo MILP imponiendo un máximo de 4 operarios ($NE=4$). La formulación resultante utilizó 338 variables binarias, y 25306 restricciones. Para la resolución se utilizó el software LINGO 17.0 [6] en una PC con 2,5GHz y 8GB de RAM. La solución exacta se encontró en 9204seg. El makespan óptimo hallado fue de 29,16 hs, mucho menor que el tiempo real utilizado para ejecutar la orden de producción (42,5 hs). Las Figuras 5, 6 y 7 muestran distintas vistas de los diagramas de Gantt asociados a la solución. Obsérvese que los operarios 1 y 3 están asignados a tareas durante todo el período de producción. Además, la superposición de tareas sólo corresponde a procesamiento de piezas (operación propiamente dicha), es decir, cada empleado, cuando se debe dedicar a una tarea de acondicionamiento de máquina, sólo se concentra en dicha actividad.

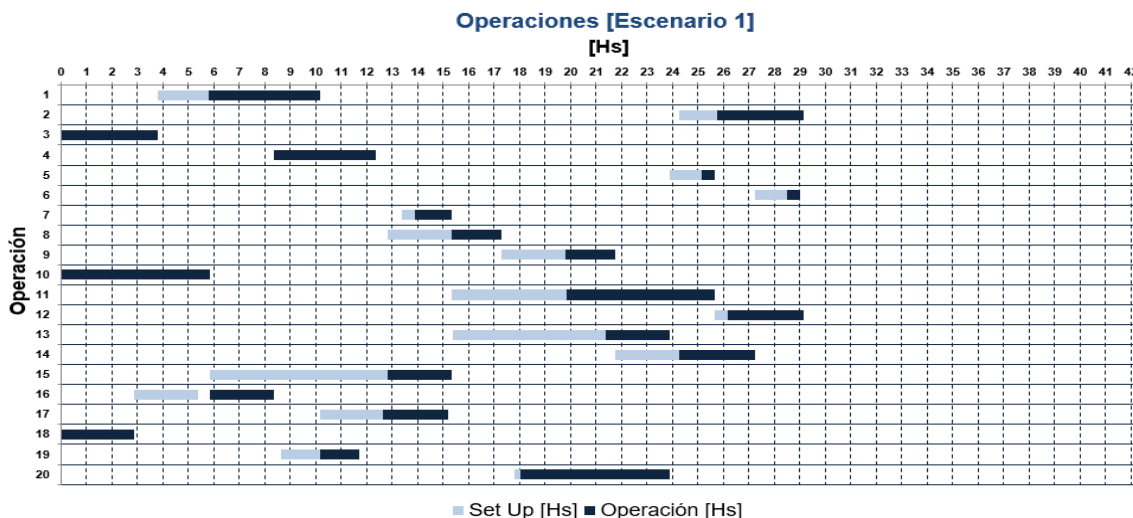


Figura 5. Distribución óptima de operaciones para el escenario 1.

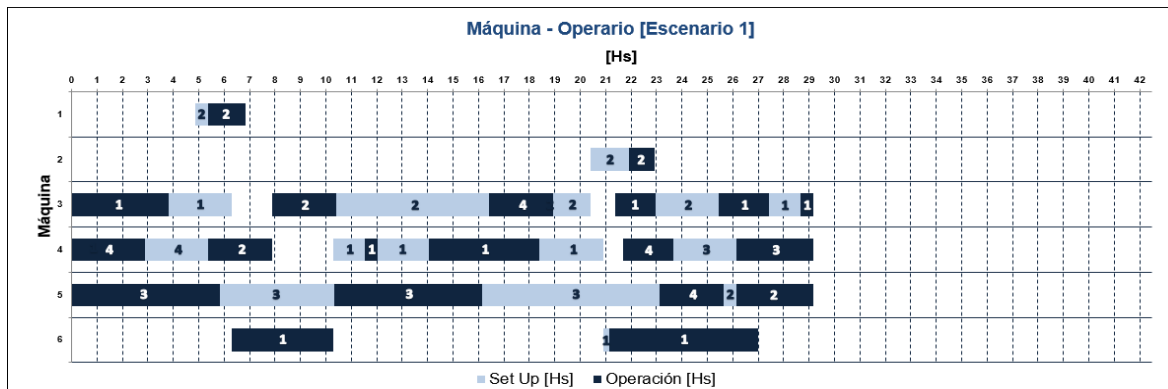


Figura 6. Utilización de las máquinas y operarios asignados que optimiza el makespan para el escenario 1.

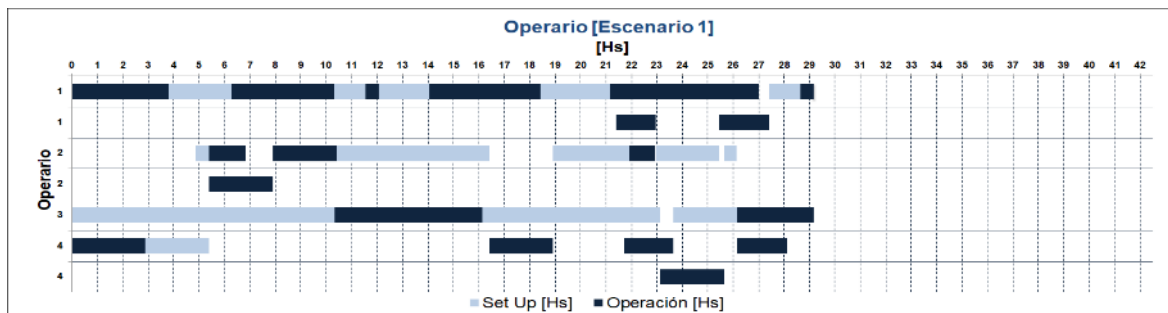


Figura 7. Distribución de tareas para cada operario en el escenario 1.

5.2. Escenario 2.

Para reproducir las condiciones actuales de la empresa, se consideró un segundo escenario en el cual se restringió a 3 el número de operarios disponible ($NE=3$). El correspondiente modelo arrojó el mismo valor de makespan que para el escenario anterior, lo que pone de manifiesto que aumentar el número de operarios no mejora los tiempos de producción. Las Figuras 8, 9 y 10 muestran la

distribución de operaciones en el tiempo, la utilización de las máquinas y la asignación óptima de operarios, respectivamente. Se puede observar que en la planificación óptima propuesta no se producen superposición de actividades cuando un operario se encarga del setup de alguna máquina. Ninguno de los tres operarios está ocupado el 100% del tiempo, esto pone de manifiesto que no es la disponibilidad de mano de obra el cuello de botella en este sector.

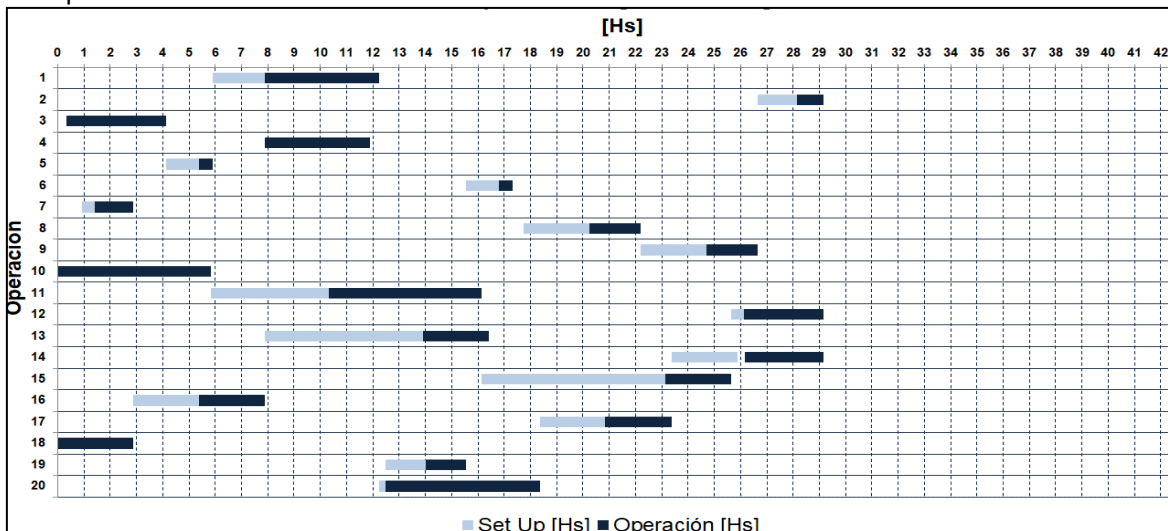


Figura 8. Distribución óptima de operaciones para el escenario 2.

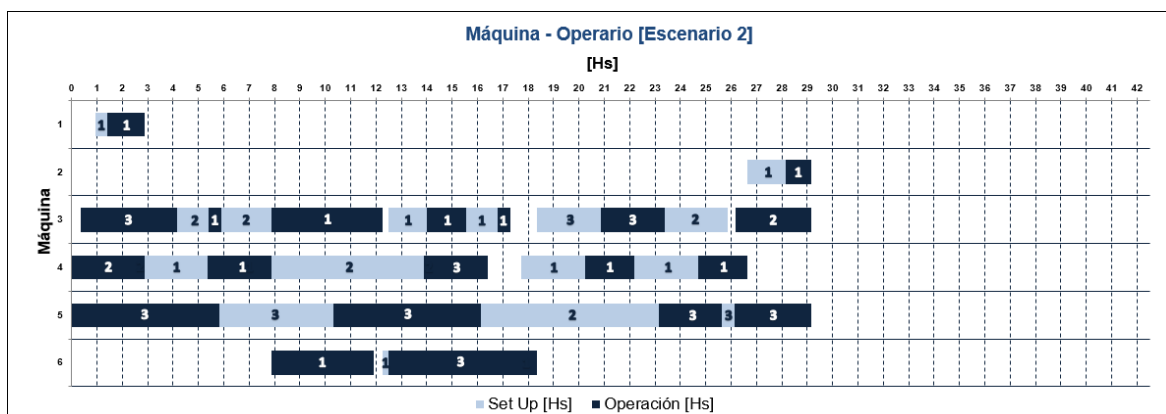


Figura 9. Utilización de las máquinas y operarios asignados que optimiza el makespan para el escenario 2.

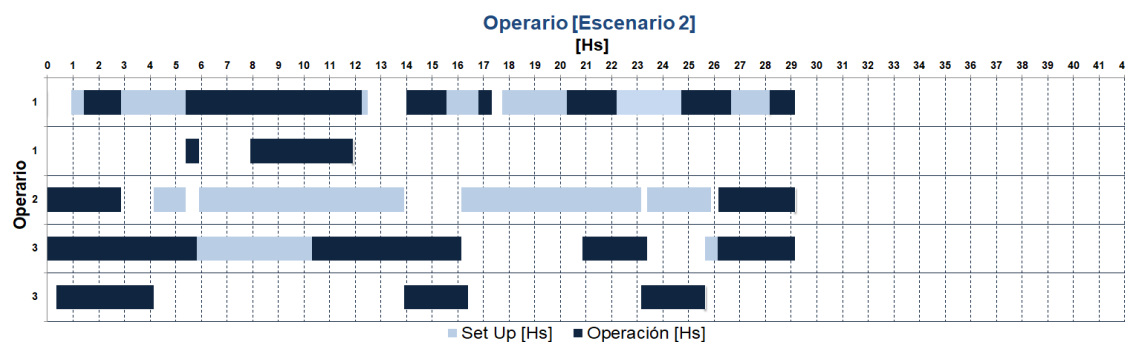


Figura 10. Distribución de tareas para cada operario en el escenario 2.

5.3. Escenario 3

En siguiente escenario analizado consistió en disminuir a 2 el número de empleados disponibles. En este caso el valor óptimo del makespan encontrado fue de 33,84 hs. Las Figuras 11,12 y 13 muestran la distribución de operaciones en el tiempo, la utilización de máquinas y la asignación óptima de operarios para este escenario, respectivamente. Esta solución, requiere que uno de los empleados realice más de dos operaciones simultáneamente, lo cual no es una situación deseada en la práctica.

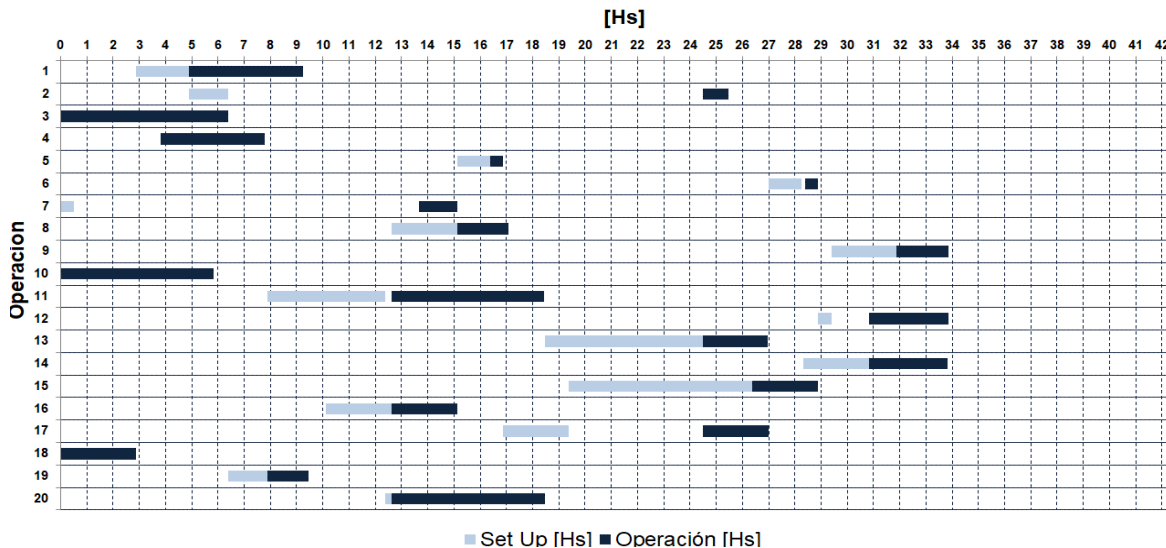


Figura 11. Distribución óptima de operaciones para el escenario 3.

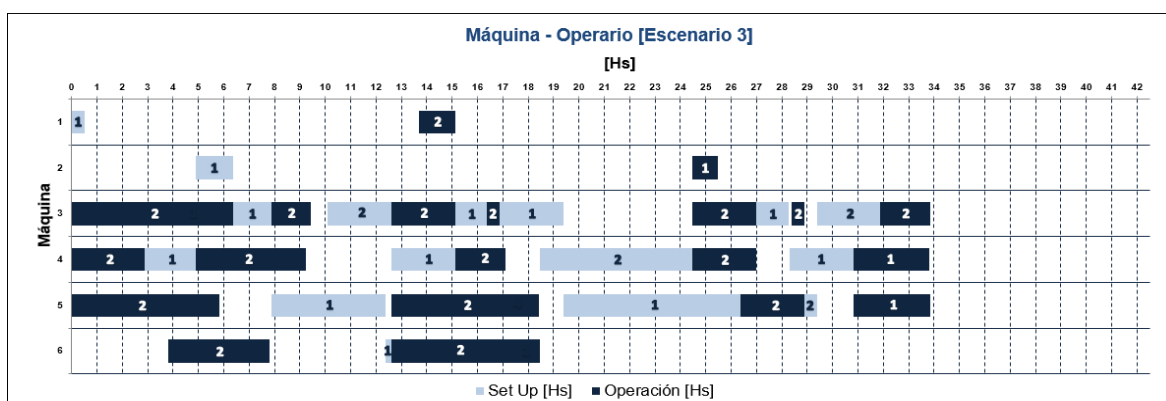


Figura 13. Asignación de tareas a operarios que optimiza el makespan para el escenario 3.

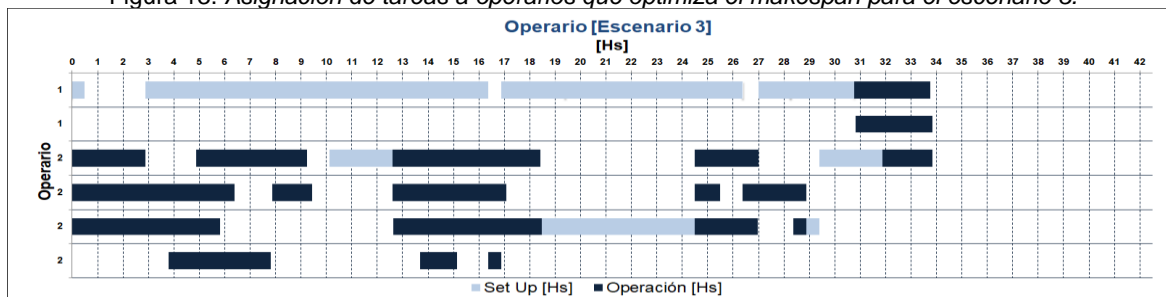


Figura 14. Distribución de tareas a operarios para el escenario 3.

5.4. Análisis de Resultados.

En los tres escenarios planteados se ha logrado disminuir considerablemente el tiempo de culminación del conjunto de operaciones requeridas (Tabla 6). Para los escenarios 1 y 2, el ahorro en tiempo de producción es de 13,34 horas, mientras que para el escenario 3, de 8,66 horas en la semana. Esto implica que más piezas podrían procesarse y así disminuiría la acumulación de piezas en proceso antes del sector.

Tabla 6. Ahorro de tiempo de producción

	Cantidad de Operarios [N°]	Tiempo Final Última Operación [hs]	Ahorro [hs/sem]
Producción Real	3	42,50	0,00
Escenario 1	4	29,16	13,34
Escenario 2	3	29,16	13,34
Escenario 3	2	33,84	8,66

También el tiempo de utilización de máquinas ha mejorado considerablemente en los 3 escenarios (Tabla 7). Por ejemplo, la máquina 4, que operaba el 45,29 % del tiempo, en todos los casos está en operación más del 80% del tiempo de producción de la orden completa. En el último escenario la mejora es algo menor debido a que el empleo de sólo dos empleados produce mayores tiempos muertos en las máquinas. En este análisis se excluyeron las máquinas 1 y 2 debido a que intervienen sólo en la producción de algunas pocas piezas (porcentaje de utilización es menor al 4%).

Tabla 7. Comparación de utilización de máquinas para la semana en estudio

	Máquina	Producción Real	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
3	Torno CNC Hyundai	76,00%	91,21%	93,42%	81,12%
4	Torno CNC Doosan	45,29%	89,03%	86,82%	81,82%
5	Torno CNC Victor Taichung	72,35%	100,00%	100,00%	86,17%
6	Centro de Mecanizado MM	25,88%	34,64%	34,64%	29,85%

Los tiempos de procesamiento de una orden de operación logran mejorarse notoriamente con una adecuada planificación y asignación de actividades.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un modelo MILP para resolver el problema FJSP considerando simultáneamente restricciones en la cantidad y capacidad de los operarios a emplear, solapamiento de actividades, tiempos de setup condicionantes y lote de transporte.

El modelo fue aplicado exitosamente a un caso de estudio real. El análisis de los resultados brindados por la aplicación del modelo en comparación con los datos reales de una semana concreta de producción permite asegurar que el mismo no sólo facilita la tarea de asignación de operaciones al Jefe de producción, sino que, además, mejora notablemente el tiempo de producción en el sector. Esta disminución de tiempo permite disminuir la cantidad de productos en proceso acumulado antes del sector Tornos CNC y además la cantidad de utilización de operarios.

El modelo propuesto permite analizar distintas alternativas de solución. En este trabajo se analizó el efecto de variar el número de operarios, pero existen otras posibilidades de análisis como el agregado o eliminación de máquinas, operarios, artículos, entre otras.

Si bien los tiempos de solución parecen elevados, los mismos no resultan limitantes para la planificación semanal de la empresa, la que con la aplicación del modelo ha podido disminuir los tiempos ociosos de los tornos. Como trabajo futuro se estudiará la utilización de metaheurísticos para la resolución del modelo.

7. REFERENCIAS.

- [1] Demir, Y.; Kürşat İşleyen, S. (2013) "Evaluation of mathematical models for flexible job-shop scheduling problems," *Applied Mathematical Modelling*, 37, pp. 977-988.
- [2] Özgüven, C.; Yavuz, Y.; Özbakır, L. (2012) "Mixed integer goal programming models for the flexible job-shop scheduling problems with separable and non-separable sequence dependent setup times," *Applied Mathematical Modelling*, 36, pp. 846-858.
- [3] Dhiflaoui, M.; Nouri, H.E.; Driss, O.B. (2018) "Dual-Resource Constraints in Classical and Flexible Job Shop Problems: A State-of-the-Art Review," *Procedia Computer Science* 126, pp.1507-1515 .
- [4] Fattahia, P.; Jolaib, F.; Arkatc, J. (2009) "Flexible job shop scheduling with overlapping in operations," *Applied Mathematical Modelling*, 33, 7, pp. 3076-3087.
- [5] Novas, J. (2017) "Modelo MILP para la programación de la producción en ambientes job-shop flexibles con división de lotes," *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering* 8, 16 , pp.56–72.
- [6] LINDO Systems, Inc. <http://lindo.com>

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional y al CONICET por su apoyo financiero.

Modelos de madurez en la Industria 4.0 y su aplicación en la costa del Río Uruguay.

Blanc, Rafael*; Pietroboni, Rubén Mario; Hegglin, Daniel

**Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.
rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

RESUMEN.

La industria 4.0 implica que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Para la implementación de estas tecnologías de producción se requiere de un cierto hardware, software y conectividad por lo cual acarrea la importancia del análisis del mismo. Los objetivos del estudio son por un lado discutir el estado actual de los modelos de madurez en la industria 4.0 a nivel internacional los cuales determinan el estadio de una firma y sus necesidades de updates para hacer acercarse a sus competidores y brindar mejor servicio a sus clientes y por otra parte establecer el grado de implementación de tecnologías 4.0. El estudio fue realizado sobre tres parques industriales de la costa del río Uruguay: Gualeguaychú, Concepción del Uruguay y Concordia del cual fueron encuestadas 44 empresas durante el segundo semestre del año 2019. Se realizó un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación de las industrias. La implementación por parte de las industrias de estas tecnologías en la muestra analizada es heterogénea. Dándose firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados como firmas que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio. Se pretende analizar el estado en cuanto a implementación de tecnologías 4.0, y explicar en qué posible nivel de los modelos de madurez actuales se encontrarían.

Palabras Claves: Industria 4.0, Competencias, Parque Industrial, Entre Ríos, Recursos Humanos.

ABSTRACT.

The set of activities and technologies drive change towards industry 4.0. This transformation implies that a factory has instantaneous information about the state of its machines or that a company knows in real time the use that customers make of its services. For the implementation of these production technologies, a certain stock of human capital is required, which leads to the importance of its analysis. The objectives of the study are, on the one hand, to establish the degree of implementation of 4.0 technologies, the quality and level of human resources and whether there is a relationship between the human resources that firms have and the degree of implementation of 4.0 technologies. The study was carried out on the industrial park of Concepción del Uruguay, of which 22 companies were surveyed during the second quarter of 2019. A descriptive analysis was carried out on the technologies implemented related to industry 4.0 in order to achieve a first status of the park industries. The implementation by the industries of these technologies in the sample analyzed is heterogeneous. Given signatures that implement a large number of the items analyzed as signatures that do not have this technological level in any of the study variables. The aim is to analyze the state in terms of the implementation of 4.0 technologies, and the level of human resources and the actions after their improvement in the industrial park of the city of Concepción del Uruguay. And finally, if there is a relationship between both levels.

Key words: Industry 4.0, Skills, Industrial Park, Entre Ríos, Human Resources.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

Este trabajo surge como continuación del trabajo “Industria 4.0 y su aplicación a escala regional. Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos” [1] el cual intentaba exhibir el estado de implementación de tecnologías de la cuarta revolución industrial en el parque industrial de Concepción del Uruguay el mismo concluía en que el grado de implementación de las tecnologías 4.0 era bajo y si bien había indicios estadísticamente no había una relación significativa entre la presencia de personal calificado como ingenieros, magísteres, doctores y otros profesionales con el nivel de implementación de 4.0. En este trabajo se parte de una base de datos más extendida contando además de con el parque Concepción del Uruguay con los parques industriales de Concordia y Gualeguaychú de la provincia de Entre Ríos con una muestra de 44 casos de empresas de diferentes rubros, antigüedad y tamaño. Se busca estimar el grado de implementación de las tecnologías y si hay relación con variables económicas contextuales.

Por Industria 4.0 se entiende a la convergencia de tecnologías emergentes que posibilitan transformar los modos de operar, definir modelos de negocios y desarrollar procesos de fabricación en las organizaciones [2; 3, 4]. Conforme a Sung Industria 4.0: “significa que las máquinas operarán de manera independiente o se coordinarán con los humanos para producir una fabricación orientada al cliente que trabaje constantemente para mantenerse. Más bien, la máquina se convierte en una entidad independiente que puede recopilar datos, analizarlos y asesorar sobre ellos.” Pp. 41 [4].

Actualmente el conjunto de actividades y tecnologías impulsan cambio hacia la industria 4.0 son: big data, internet de las cosas, robotización, inteligencia artificial, aprendizaje automático e impresión 3D, sensores, realidad virtual y servicios en la nube, y otras. Las mismas, están impactando transversalmente en todos los sectores productivos, cambiando los modelos de producción, gestión y negocio del planeta como sucedió con las tecnologías 3.0. Este fenómeno, marcado por la digitalización y la conectividad, está cambiando la forma de producir, los modelos de negocios, el mercado laboral y las tareas que llevan adelante los trabajadores [5]. Esta transformación, implica, por ejemplo, que una fábrica tenga información instantánea sobre el estado de sus máquinas o que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Este tipo de industria tiene principios básicos [6] que cruzan transversalmente las nuevas tecnologías [6, 7, 8], se analizarán seis en el presente trabajo los cuales se definen como: A) Sistema Cyber Físicos: son integraciones del sistema de software y los procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. El desarrollo de dichos sistemas se caracteriza por tres fases, la primera generación incluye tecnologías de identificación como etiquetas RFID y el almacenamiento de datos de los mismos y los análisis deben proporcionarse como un servicio. La segunda está desarrollada en base a sensores y actuadores con un rango limitado de funciones. La tercera generación puede almacenar y analizar datos, están equipados con múltiples sensores y actuadores, y son compatibles con la red. B) Capacidad en tiempo real: para el control de las tareas organizativas es necesario que los datos se recopilen y analicen en tiempo real. El estado de la planta de producción se capta y se analiza permanentemente, por lo cual, la planta puede reaccionar ante una falla o cambios en la demanda en forma ágil. C) Virtualización: es una tecnología que permite la copia del mundo físico en uno digital lo que puede facilitar la realización de escenarios que podrán ser aplicados al diseño de partes, set up de máquinas, niveles de procesamiento, etc. D) Descentralización: la capacidad de los equipos de poder realizar ciertas rutinas en forma autónoma en caso de inconvenientes y la posibilidad de implementar acceder a datos e implementar órdenes de forma remota al proceso. E) Internet de las cosas (IOT): puede ser definido como la capacidad de los productos de almacenar y proveer datos de estado, uso y ubicación al fabricante, además de proveer características remotas al usuario como manejo, informes de estado, entre otros. F) Robótica: que es el uso de máquinas autónomas o semi autónomas para realizar trabajos sobre todo de tipo repetitivo, algunos de ellos imitan los movimientos de los seres humanos como los robots de manipulación, otro con comportamientos distintos que resuelven tareas varias como los robots de servicio en este apartado se incluye uno de los baluartes de la cuarta revolución industrial que es la producción aditiva o dicho de otra forma la impresión de partes para la elaboración de productos.

Para medir el avance de las firmas en cuanto a la implementación de las tecnologías de esta revolución existen los llamados modelos de madurez los mismos si bien son incipientes y no están aún estandarizados se pueden clasificar según sus alcances o tipo (madurez propiamente dicho o evaluación, preparación, transformación), dimensiones y categorías de análisis, niveles de desarrollo, orientación o enfoque (empresas manufactureras, tecnologías de manufactura, redes de suministros, modelos de negocios, entre otros) y si han evaluado previamente otros modelos [9, 10]. En el trabajo se evaluarán las dimensiones producto y procesos pertenecientes a estos modelos mediante el uso de una serie de sub dimensiones A) Sistemas Cyber Físicos. B) Análisis tiempo real C) Virtualización, D) Descentralización, E) Internet de las cosas (IOT), F) Robótica. A fin de evaluar el nivel de avance o implementación se tomarán en cuenta los promedios de las variables que los

componen. A continuación, en el apartado metodología se detallarán las variables y los procedimientos implementados.

2. METODOLOGIA

El presente estudio es de carácter exploratorio y corresponde con la primera fase de un proyecto de investigación que tiene como objeto relevar el estado de implementación de tecnologías de industria 4.0 de las industrias de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. Se realizará un análisis de datos primarios de firmas del Gualeduaychú, Uruguay y Concordia de los cuales fueron relevadas 44 (cuarenta y cuatro) durante el segundo trimestre del año 2019 y datos secundarios aportados por los organismos de la provincia de Entre Ríos, cámaras empresariales, etc. A partir de los mismos, se realizará un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación del parque seleccionado en cuanto al próximo estadio industrial. El formulario único se aplicó con encuestador en forma presencial, en las firmas de mayor porte hubo instancias auto administradas y luego con un chequeo de la información por parte de un encuestador. En el módulo sobre Incorporación de Tecnologías 4.0 se evaluaron componentes del modelo de madurez de las dimensiones: Producto, Operaciones y Tecnología. Y características relacionadas con la industria 4.0 como son: sistemas cyber físicos, análisis en tiempo real, virtualización, descentralización, IOT y robótica.

A fin de lograr los objetivos del trabajo se realiza una serie de análisis de tipo descriptivo como son tablas de frecuencias, medias y proporciones. Se utilizará con los promedios de los conjuntos de las variables A-F una técnica de reducción de datos para variables continuas llamada Análisis Factorial [11, 12, 13] a fin de lograr componentes que permitan realizar un proceso de clasificación de casos. Para la clasificar se utilizó un algoritmo de clasificación llamado K-Medias [14, 15] con centro automáticos en los tres componentes hallados con un número máximo de iteraciones de 100 aunque se alcanzó una convergencia de los centros en pocas iteraciones. Las variables sobre las que se realizaron los análisis estadísticos anteriores fueron las siguientes:

Variables del estudio

Industria 4.0

A) Sistemas Cyber Físicos.

Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)
MDC recopilación de datos de una máquina
PDA adquisición de datos de producción
M2M Coordinación de equipos de producción a través de red
MES Sistemas de Ejecución de Manufactura

B) Análisis tiempo real

MRP Sistema de planificación de materias primas.
ERP Sistema de planificación de recursos.
Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones.
Herramientas de análisis de datos en la nube.

C) Virtualización

CAD Diseño asistido por computadora.
Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..).
Realidad aumentada.
Simulación de piezas.
Simulación de sistemas de producción o distribución.
BPM Software.

D) Descentralización

Herramientas de análisis de datos en la nube.
Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local.
Acceso a datos a través de telefonía celular.
Modificación de datos a través de telefonía celular.

E) Internet de las cosas (IOT)

Producto almacena datos de uso.
Producto almacena datos de estado y ubicación.
Producto comunica datos de estado y ubicación.
Producto comunica datos de uso.

F) Robótica

ROBOT de manipulación (brazos de selección, ensamblado, soldado, etc.).

ROBOT de servicio (movimiento autónomo de productos dentro de planta, limpieza, etc.).

Producción aditiva (impresión de partes).

Variables contextuales

Cantidad de empleados

Antigüedad

Inversión extranjera directa (IED)

Conducta exportadora.

A continuación, se presentan los principales análisis y resultados del estudio.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

Las firmas de los parques industriales son de tamaño mediano de acuerdo a su media y la clasificación de la SEPYME, por otra parte, los máximos y mínimos nos muestran la presencia de micro y grandes empresas, aunque las mismas no son la regla de la muestra.

Tabla 1: *Cantidad de empleados.*

Tamaño muestra	Mínimo	Media	Máximo
44	2	66	495

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

En el apartado de antigüedad la empresa más antigua fue fundada hace 70 años si bien la media o lo esperado es firmas 28 años de antigüedad, como era de esperar se encuentran empresas de reciente creación con un año de vida.

Tabla 2: *Antigüedad de las Firmas.*

Tamaño muestra	Mínimo	Media	Máximo
44	1950	1992	2019

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La inversión extranjera directa en las empresas es un factor importante y un condicionante para su comportamiento teniendo en cuenta esto se observa que el 13,6% tienen participación de capital extranjero.

Tabla 3: *Empresas que poseen en su capital inversión extranjera directa (IED).*

	Frecuencia
Con inversión extranjera directa	13,60%
Sin inversión extranjera directa	86,40%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial

La exportación no es la conducta prevaleciente en la muestra, pero un porcentaje elevado de las firmas declaro haber realizado exportaciones en el periodo evaluado el 45,50%.

Tabla 4: *Conducta exportadora de las empresas de la muestra.*

	Frecuencia
Exportadora	45,50%
No Exportadora	54,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial

La implementación de sistemas cyber físicos si bien es heterogénea entre las firmas relevadas poseen variables de elevada implementación como son el Hardware de control, los sistemas MDC y M2M. Las variables menos implementadas son RDIF una tecnología de identificación de componentes con muchos años en el mercado y los MES que son sistemas integrales que necesitan de las variables más utilizadas mencionadas anteriormente sumadas a una capa de software con control y administración.

Tabla 5: *Implementación de Sistemas Cyber Físicos de las empresas.*

Variabes	% de implementación
-----------------	----------------------------

Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)	50,00%
MDC recopilación de datos de una máquina	27,30%
M2M	18,20%
Códigos de barras (partes y productos terminados)	13,60%
PDA adquisición de datos de producción	13,60%
Identificación por radiofrecuencia (RFID)	9,10%
MES Sistemas de Ejecución de Manufactura	9,10%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La dimensión de análisis en tiempo real cuenta con diferentes paquetes de software que tratan los datos generados tanto por los sistemas cyber físicos como por la demanda de la empresa. Entre estos softwares los más implementados son los MRP, los ERP y el análisis de datos mediante software para tomas de decisiones. A pesar de su resonancia en los medios de comunicación y en las nuevas gamas de productos industriales el análisis de los datos en nubes es la herramienta de menor implementación que alcanza solo el 6,8% de los casos.

Tabla 6: *Implementación de Análisis tiempo real de las empresas.*

Variables	% de implementación
MRP Sistema de planificación de materias primas	34,10%
ERP Sistema de planificación de recursos	20,50%
Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones	20,50%
Herramientas de análisis de datos en la nube	6,80%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La dimensión virtualización de las firmas que responde al poder prever y simular mediante modelos de computadora a fin anticipar y evaluar los escenarios posibles. La variable de mayor implementación es el diseño asistido por computadora como insumo sobre todo para alimentación de ciertos equipos automáticos. Por su parte tecnologías modernas como son realidad aumentada, simulación de procesos, BPM software e inteligencia artificial son de escasa implementación no superando el 7,0% de los casos.

Tabla 7: *Implementación de Virtualización de las empresas.*

Variables	% de implementación
CAD Diseño asistido por computadora	38,60%
Simulación de piezas	13,60%
Realidad aumentada	6,80%
Simulación de sistemas de producción o distribución	2,30%
BPM Software	4,50%
Sistema de control avanzado	2,30%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La implementación de sistemas de gestión remotos para empresas es de bajo grado de implementación no superando el 7,0% de los casos en ninguna variable incluso en los relacionados al acceso y modificación de los mismos a través de telefonía celular.

Tabla 8: *Implementación de Descentralización de las empresas.*

Variables	% de implementación
Herramientas de análisis de datos en la nube.	6,80%
Programas en la nube como reemplazo del sistema local	6,80%
Acceso a datos a través de telefonía celular	6,80%
Modificación de datos a través de telefonía celular.	4,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

El IOT uno de los baluartes de esta revolución industrial cuando observamos en el nivel de implementación de las variables relacionadas es modesto. Esto puede explicarse en gran medida por el tipo de productos que fabrican las firmas estudiadas todos los productos no tienen la posibilidad de implementar IOT y en caso de que lo implementen que el cliente esté dispuesto a pagar el costo diferencial del mismo.

Tabla 9: *Implementación de Internet de las cosas (IOT) de las empresas.*

Variables	% de implementación
------------------	----------------------------

Producto almacena datos de uso	6,80%
Producto comunica datos de uso	4,50%
Producto almacena datos de estado y ubicación.	4,50%
Producto comunica datos de estado y ubicación.	2,30%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

El uso de robótica por parte de las empresas si bien es escaso se implementa en más del 11% de las mismas en el caso del robot de manipulación, este porcentaje disminuye cuando pasamos a robot de servicio que es cercano al 7% y finalmente la producción aditiva está presente en solo el 4,5% de las firmas.

Tabla 10: Implementación de robótica de las empresas.

Variables	% de implementación
ROBOT de manipulación	11,40%
ROBOT de servicio	6,80%
Producción aditiva	4,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

Observando las dimensiones analizadas anteriormente mediante el promedio de sus variables se revela la implementación tanto de sistemas cyber físicos como sistemas de análisis en tiempo por sobre las demás. Exhibe la baja de implementación de modelos de descentralización como de sistemas IOT.

Tabla 11: Resumen de implementación de las diferentes dimensiones de industria 4.0.

Dimensiones	% de implementación
Sistemas Cyber Físicos	26,30%
Análisis tiempo real	20,48%
Virtualización	11,35%
Descentralización	6,23%
Internet de las cosas (IOT)	4,53%
Robótica	7,57%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

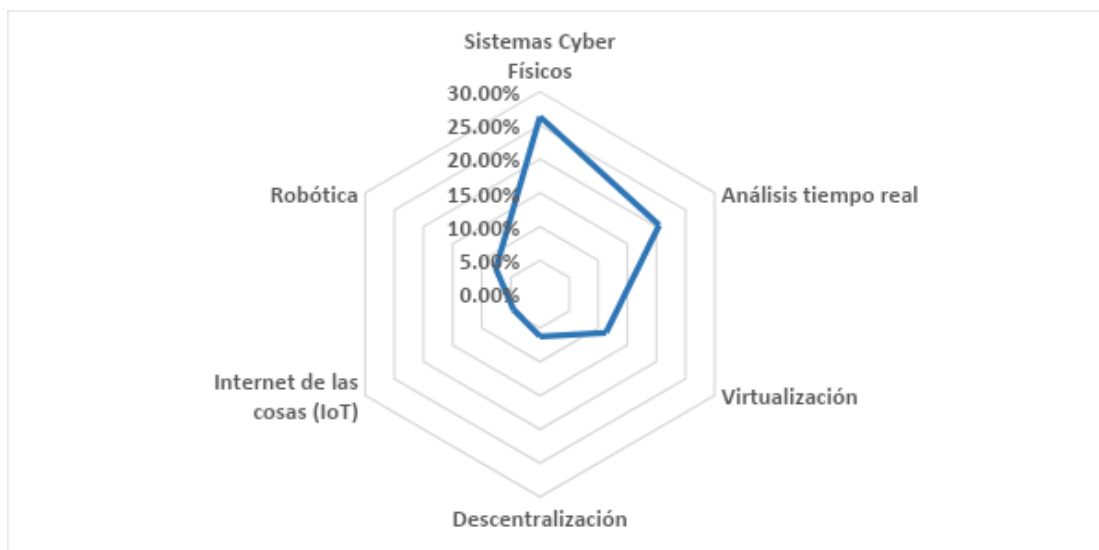


Figura 1 Nivel de implementación de las dimensiones analizadas.

Análisis de clúster, se realizó a fin de posicionar a las firmas de acuerdo a su nivel de implementación de tecnologías 4.0 en diferentes conglomerados o clúster se realizó como primer paso un análisis factorial a fin de reducir las variables de las dimensiones (Sistemas Cyber Físicos, Análisis tiempo real, Virtualización, Descentralización, Internet de las cosas (IOT) y Robótica) a nuevas dimensiones explicadas como combinación lineal de las mismas. A partir de las mismas se obtuvieron tres componentes:

Tabla 12: Matriz de componentes análisis factorial.

Componente	1	2	3
-------------------	----------	----------	----------

Sistemas cyber físicos	0,671	-0,313	-0,183
Robótica	0,767	-0,301	-0,157
Análisis Tiempo Real	0,761	0,195	0,268
Virtualización	0,660	0,267	-0,499
Descentralización	0,468	0,133	0,806
Internet de las cosas	0,060	0,908	-0,144

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Con los tres componentes resultantes del algoritmo se logró explicar el 74,42% de la varianza de los casos. El valor de cada componente para cada caso fue almacenado en la base de datos para su posterior uso.

Tabla 13: *Varianza explicada por los componentes del análisis factorial.*

Componente	Sumas de cargas al cuadrado de la extracción	% de varianza	% acumulado
1	2,276	37,942	37,942
2	1,140	18,999	56,941
3	1,049	17,487	74,428

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Se utilizó una técnica de clúster no paramétrica llamada K-mean a fin de dividir la muestra de acuerdo a los componentes que se alcanzaron con el análisis factorial, se asignaron 3 conglomerados y los resultados fueron los siguientes.

Tabla 14: *Centros finales de los clústeres de acuerdo a los componentes del análisis factorial.*

Clúster	1	2	3
Componente 1	-0,14737	-0,09464	1,12840
Componente 2	-0,24755	3,58039	0,39969
Componente 3	-0,24810	-1,15210	2,29679

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

La cantidad de casos por clústeres es 37 para el clúster 1, 2 para el clúster 2 y 5 para el clúster 3. Tomando en cuenta el tamaño de muestra los clústeres están fuertemente desbalanceado a hacia el número 1 con el 84,09%.

Tabla 15: *Tamaño de los clústeres de acuerdo al tamaño de muestral.*

Cluster	1	2	3	Total
Casos	37	2	5	44
%	84,09%	4,55%	11,36%	100,00%

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Tomando en cuenta las dimensiones de 4.0 y su comportamiento en cada clúster, claramente el clúster 3 es el de empresas de mejor rendimiento o implementación de tecnologías 4.0, el clúster 1 si bien tiene una buena implementación de dos dimensiones bases como son Sistemas cyber físicos y análisis en tiempo real tiene bajo rendimiento o carece de las otras. El clúster 2 por su parte tiene fuerza en cuanto a virtualización e internet de las cosas.

Tabla 16: *Nivel de implementación de las dimensiones 4.0 de acuerdo al clúster.*

Clúster	1	2	3
Sistemas cyber físicos	0,26	0,14	0,31
Análisis Tiempo Real	0,16	0,13	0,55
Virtualización	0,11	0,25	0,10
Descentralización	0,00	0,00	0,55
Internet de las cosas	0,01	0,75	0,05
Robótica	0,07	0,00	0,13

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

El clúster 1 es el de mayor promedio de empleados 68 una antigüedad promedio de 28 años poseen empresas que tienen IED y exportan alrededor del 46% de los casos. El clúster 2 es el de menor tamaño con empresas de 47 empleados promedio de mayor antigüedad 38 años no tienen IED y el 50,0% exporta. Finalmente, el clúster 3 tiene un tamaño promedio intermedio con 53 empleados una antigüedad de 28 años es el de mayor IED y el de menor exportación.

Tabla 17: Nivel de las variables contextuales de acuerdo al clúster.

	1	2	3
Cantidad de empleados	68	47	53
Antigüedad	1992	1982	1992
IED	13,51%	0,00%	20,00%
Exportación	45,95%	50,00%	40,00%

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

A continuación, se detallan las conclusiones del estudio.

4. CONCLUSIONES

La muestra está compuesta por empresas de tamaño de mediana a pequeñas, con una antigüedad promedio cercana a los 30 años, con baja presencia de inversión extranjera directa y con cerca de un 46,0% de firmas exportadoras.

De la observación de las empresas las dimensiones de 4.0 el mayor grado de implementación en la muestra fueron los sistemas cyber físicos y la de análisis en tiempo real. Por el contrario, las de menor grado de implementación fueron la descentralización e IOT. En el caso de IOT se debe en gran medida al tipo de producto que son maduros en cuanto a su ciclo de vida y de baja intensidad a nivel tecnológico. La implementación, por parte de las industrias de estas tecnologías es heterogénea. Hay firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados, como las que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio.

Se determinó en las entrevistas la presencia de equipos de diferentes antigüedades y de difícil complementación, máquinas parcialmente automatizadas y en la misma línea máquinas autónomas con capacidades de coordinación mediante redes y de reporte a diferentes softwares de gestión de proceso y negocios. Debe tenerse en cuenta que las dimensiones sistemas cyber físicos y análisis en tiempo real son base para la expansión de la implementación de 4.0 en una empresa, por lo tanto, sería deseable un aumento de su implementación en post de adaptarse a esta revolución.

El análisis de clúster reafirma lo anterior mostrando que el clúster 1 más numeroso es claramente volcado a la dimensión sistema cyber físicos y análisis en tiempo real, pero por otra parte el clúster 2 podríamos llamarlo evolucionado o progresista porque abarca con fuerza nuevas tecnologías como IOT y Virtualización por lo cual podemos reafirmar la heterogeneidad de las empresas en cuanto implementación de empresas. Del análisis de las variables de contexto en relación a los clústeres no hay diferencias destacadas.

Si relacionamos las variables del análisis con los modelos de madurez podríamos decir que en una escala de 5 (0 menor – 5 máximo) estaríamos en un estadio de 2 en sistemas ciber físicos y análisis en tiempo real, 1 Virtualización y 0 en IOT, descentralización y Robótica. Donde 0 no es la ausencia sino una presencia baja con necesidad de expansión de esas tecnologías.

Desde la perspectiva de iniciativas de instrumentos de políticas industriales para la región surge en primer lugar, la necesidad de instalar las temáticas relacionadas con industrias 4.0 e implementar procedimientos extendidos de identificación de necesidades de cambio tecnológico en las industrias de la provincia y segundo, plantear que aplicar modelos de industria 4.0 es más que la incorporación de tecnologías específicas, que requiere de nuevos modelos de negocios, de capacidades de gestión tecnológica y capital humano capaz de impulsarlos.

Lo anterior es a fin de poner nuestro ecosistema industrial en un punto más acorde a los nuevos estándares mundiales de producción y administración, y evitar de esta forma quedar en una posición de debilidad en los nuevos escenarios industriales que se están formando y es probable que sean el nuevo estándar por un tiempo.

5. REFERENCIAS

- [1] Blanc, R.; Pietroboni, R. M.; Hegglin, D. (2019). Industria 4.0 y su aplicación a escala regional. Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos. XII Congreso Argentino Internacional de Ingeniería Industrial (COINI)
- [2] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- [3] Mariani, M., & Borghi, M. (2019). Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 149, 119752.
- [4] Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45.
- [5] AA. VV. (2019). *Economía del Conocimiento ARGENTINA AL FUTURO*. Publicación de difusión del Ministerio de Producción y Trabajo; Trabajo y Empleo, República Argentina.
- [6] Hermann, M.; Pentek T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, pp. 3928-3937.
- [7] Erwin Rauch, Thomas Stecher, Marco Unterhofer, Patrick Dallasega and Dominik T. Matt (2019) Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. Conference: 9th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- [8] Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest (2018) A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*. Volume 49, October, Pages 194-214.
- [9] Bertolini, M., Esposito, G., Neroni, M., & Romagnoli, G. (2019). Maturity Models in Industrial Internet: A Review. *Procedia Manufacturing*, 39, 1854-1863.
- [10] Jacquez-Hernández, M. V., & Torre, V. G. L. (2019). Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: Una revisión de literatura. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, VI (20), 61-78.
- [11] Kim, J. O., and C. W. Mueller. (1978). Introduction to factor analysis. What it is and how to do it. In Sage University Paper Series on Quantitative Applications the Social Sciences, vol. 07–013. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [12] Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [13] Mulaik, S. A. (2010). *Foundations of Factor Analysis*. 2nd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC
- [14] Hartigan, J. A.; Wong, M. A. (1979). "Algorithm AS 136: A k-Means Clustering Algorithm". *Journal of the Royal Statistical Society, Series C*. 28 (1): 100–108.
- [15] Ding, C.; He, X. (2004). "K-means Clustering via Principal Component Analysis". *Proceedings of International Conference on Machine Learning (ICML 2004)*: 225–232.

Sistemas de trazabilidad en pesquerías argentinas: desafíos de implementación para la sostenibilidad

Zanfrillo, Alicia*; Mortara, Verónica⁽¹⁾; Tabone, Luciana⁽¹⁾; Leuci, Victoria

*Facultad Regional Mar del Plata, Universidad Tecnológica Nacional.
Buque Pesquero Dorrego N° 281, esq. Av. de los pescadores, Mar del Plata (7600)*

*(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Av. Juan B. Justo 2002, Mar del Plata (7600)*

RESUMEN

En los últimos tiempos se ha desarrollado una mayor sensibilidad social respecto de la seguridad sobre el abastecimiento de alimentos. Esta atención sobre la inocuidad se consolida a través del uso de las tecnologías de la información y de la comunicación que posibilitan un mayor acceso a la información sobre los efectos nocivos que acarrea en la salud el consumo de alimentos en mal estado. Exigencias crecientes respecto de aquello que se adquiere y se consume en el ámbito alimenticio promueven la adopción de sistemas de trazabilidad a fin de proveer información a un mercado globalizado que permita conocer el origen y los procesos de elaboración, comercialización y distribución de los productos.

El propósito del trabajo consiste en analizar el sistema de trazabilidad de las empresas pesqueras de la ciudad de Mar del Plata en la cadena de suministro, describiendo los elementos de información que se adicionan en cada etapa del proceso productivo y los controles a efectuar para garantizar el seguimiento y rastreo de los productos. Se adopta una metodología cualitativa a través de un estudio de caso con técnicas de análisis de contenido y entrevistas. El rotulado de los productos permite garantizar la procedencia de origen de los productos como el trayecto de elaboración en planta proporcionando además la información necesaria para una gestión más eficiente y sostenible.

Palabras Claves: TIC, sistema de información, cadena de valor, cadena de suministro.

ABSTRACT

In recent times, a greater social sensitivity has developed regarding the security of the food supply. This attention to safety is consolidated through the use of information and communication technologies that allow greater access to information on the harmful effects that consumption of food in poor condition has on health. Growing demands regarding what is acquired and consumed in the food sector promote the adoption of traceability systems in order to provide information to a globalized market that allows knowing the origin and processes of production, marketing and distribution of products.

The purpose of the work is to analyze the traceability system of the fishing companies of the city of Mar del Plata in the supply chain, describing the information elements that are added at each stage of the production process and the controls to be carried out to guarantee the tracking and tracing of products. A qualitative methodology is adopted through a case study with content analysis techniques and interviews. The labeling of the products makes it possible to guarantee the origin of origin of the products as well as the production path in the plant, also providing the necessary information for a more efficient and sustainable management.

Keywords: ICT, information system, value chain, supply chain

1. INTRODUCCIÓN

La globalización ha generado nuevos requerimientos en los consumidores del mercado alimentario, donde las empresas de la cadena de suministro no solo deben disponer para su consumo un producto de calidad, sino que éste debe poseer, además, garantías de seguridad y cobertura frente a los posibles riesgos sanitarios que conlleva su producción y comercialización. Las empresas del sector pesquero, un sector cada vez más competitivo con una cadena de suministro global, se plantean el desafío de informar al consumidor sobre los atributos de calidad del producto, utilizando para ello una herramienta que les permita proveer señales que proporcionen una mayor confianza en el consumo de alimentos [1]. Esta herramienta que adiciona un flujo informativo al flujo físico de materias primas y productos es la trazabilidad.

Dada la digitalización de la cadena de suministro, la trazabilidad permite el seguimiento de un producto desde el procesamiento, con la identificación de la procedencia de las materias primas, hasta su lugar de destino final. En los últimos años se han implementado sistemas de trazabilidad y eco-etiquetas favoreciendo la transparencia y la seguridad de los productos al identificar todos los procesos dentro de la cadena e interconectar a los actores del sector. Pese a las ventajas que supone la incorporación de tecnologías, las estrategias de las empresas del sector pesquero se centran en “reducir costos y mantener la actividad en niveles compatibles con la mínima inversión posible” [2], planteando un desafío para la optimización de los procesos productivos desde una perspectiva de sostenibilidad, así como afrontar los nuevos desafíos que supone el advenimiento de la industria 4.0.

Los requerimientos de certificación de los países importadores de productos pesqueros junto con la incorporación de sistemas y tecnologías para generar acciones concretas respecto de la regulación de las actividades extractivas plantean un escenario de mayor exigencia a las empresas procesadoras argentinas y en particular, aquellas con operaciones en la ciudad de Mar del Plata. Esta situación, sumada al ingente volumen de datos con que operan las organizaciones de los diferentes sectores productivos y en particular, aquellas pertenecientes a la cadena de suministro del sector pesquero en la actualidad, unido al constante avance en el uso de tecnologías de la era analítica lleva a plantear el flujo informativo asociado con el desarrollo del producto a fin de reconocer puntos de control y riesgos inherentes a su sistematización y creciente dotación tecnológica.

El estudio se basa en dar respuesta al interrogante ¿cuáles son las interacciones entre los diferentes sistemas de información de los actores de la cadena de suministro pesquera que permiten identificar el historial de los productos? Para ello se define el objetivo de modo tal de obtener las interfaces de comunicación entre los sistemas que interactúan entre la captura, distribución y comercialización de los productos pesqueros a través de un estudio cualitativo con técnicas de entrevistas a informantes clave según una muestra teórica y análisis de contenido sobre informes y documentos de referencia en plantas procesadoras de pescado de la ciudad de Mar del Plata en el año 2020.

La identificación de estas interacciones entre los diferentes sistemas y actores de la cadena de suministro permitirá reconocer problemáticas subyacentes en la trazabilidad de los productos, señaladas por los cambios operados en las normativas y procedimientos gubernamentales a fin de proporcionar mayores herramientas de registro de información. Se aborda el estudio en la descripción de principios básicos de la trazabilidad: (i) identificación de los productos entrantes, (ii) identificación y registro de la información relacionada con el procesamiento y almacenamiento y, (iii) identificación de los productos salientes, que guían la investigación siguiendo las líneas teóricas propuestas por Goulding y Sánchez Villagrán [3 y 4].

A continuación, se presenta el marco conceptual de trazabilidad, seguido de la metodología abordada en el trabajo, los resultados dispuestos en esquemas de representación del flujo del proceso de trazabilidad y la información asociada junto con el resumen de interacciones reconocidas en el proceso. Se finaliza con la discusión de los resultados bajo la perspectiva de otras investigaciones relacionadas específicamente con la trazabilidad y con la cadena de suministro del sector pesquero.

2. TRAZABILIDAD

La globalización posibilita el acceso a productos con orígenes y manufactura plural, de amplia y diversa integración de naciones y culturas. La complejidad inherente a la extensión y multiplicidad de la cadena agroalimentaria y pesquera, sumada a las crisis relacionadas con su consumo, llevan a la atención de los diferentes actores, tanto del sector público como privado, sobre las condiciones de abastecimiento, producción y comercialización. El comercio exterior que se plantea como una oportunidad para las empresas productoras supone un desafío para los consumidores en las dificultades para reconocer las propiedades intrínsecas de estos productos, como el origen, el tamaño y el peso entre otras, que les permita distinguir entre diferentes especies y variedades [5]. Esta situación impone la necesidad de brindar mayores garantías para el consumidor sobre la seguridad y calidad de aquello que adquiere, a fin de señalar las propiedades que resultan difíciles

de evaluar en el momento del consumo y así evitar la generación de fraudes y riesgos sobre la inocuidad de los alimentos.

Definida como elemento constitutivo de la Seguridad Alimentaria, la trazabilidad constituye un instrumento fundamental para proveer conocimiento sobre la trayectoria de un producto a fin de garantizar la salud de las personas frente a su consumo. La evolución del concepto lleva desde la concepción de la gestión de información asociada con el producto en su seguimiento hasta un enfoque centrado en la gestión de la calidad explicitado en la norma ISO 9000:2000 donde se refiere a la identificación del estado del producto y a la verificación respecto del cumplimiento de requerimientos. La *World Wildlife Fund* define a la trazabilidad como una capacidad sistemática para el acceso a toda la información relacionada con el ciclo completo del producto. En esta última definición el concepto se enmarca en la cadena de suministro entendiendo el impacto en la seguridad, en la salud y en el ambiente reconociendo las dificultades en la identificación de los productos con origen en la actividad pesquera. [6]

Esta posibilidad de reconstrucción del historial en la elaboración de productos derivados de la pesca provee información sobre la identidad, la transformación de materias primas en producto final y, su desplazamiento y destino. Goulding define la trazabilidad como herramienta de gestión de información representando para el sector pesquero: i) la seguridad alimentaria en la disposición de garantías sobre los productos y materias primas constitutivas, de origen conocido y probada inocuidad, ii) cumplimiento de normativas y regulaciones a través de la aplicación de aranceles y cuotas como instrumentos de comprobación de la adecuación a las pautas fijadas y, iii) sostenibilidad del origen del producto por medio de la certificación de las capturas.[3]

En materia de trazabilidad se distinguen tanto la capacidad de reconocer el trayecto hacia delante de una unidad o lote específico de producto tanto como de identificar el origen siguiendo el recorrido hacia atrás en la cadena de suministro. El seguimiento hacia adelante (*tracking*) permite el reconocimiento del curso de un producto a lo largo de la cadena entre proveedor, fabricante, distribuidores y consumidores con el propósito de determinar su disponibilidad y facilitar su almacenamiento. En orden inverso, el rastreo (*tracing*) permite ubicar la procedencia de una unidad según el grado de elaboración alcanzado, en la cadena de suministro referenciando a todos los registros documentales que dan muestra de su paso, en el seguimiento hacia atrás frente a una reclamación o devolución.

Como principios básicos o aspectos clave de trazabilidad se reconocen bajo diferentes denominaciones, las cuales se pueden plantear como la identificación de los productos entrantes, la identificación y registro de la información relacionada con el procesamiento y almacenamiento y, la identificación de los productos salientes y sus destinos, los cuales se describen a través de los siguientes interrogantes ¿qué se identifica?, ¿cómo se identifica? y, ¿cuándo se identifica? [3 y 4]:

- identificación de los productos entrantes, abarca el reconocimiento de forma unívoca de la materia prima e ingredientes y sus fuentes, requiriendo la recopilación de datos con los proveedores,
- captura y registro de datos, se contemplan los atributos sobre la trayectoria del producto adoptando diferentes formatos, dispositivos y procedimientos para su registro y disponibilidad en el momento en que se la requiera, dicha información se registra en toda la extensión del proceso de transformación con la elección de la información que se incorporará sobre las operaciones a las que han sido sometidos, incluidos almacenamiento y desplazamiento,
- identificación de los productos salientes, incluye la gestión de las interacciones entre las unidades o lotes de producto y las unidades logísticas a través de los datos sobre aquello que se procesa y se distribuye, requiriendo continuidad para evitar la ruptura del flujo informativo y la vulneración del sistema de trazabilidad. Implica la vinculación entre el flujo físico de las unidades o lotes físicos y las unidades informativas correspondientes a su desplazamiento y transformación, bajo las garantías de transferencia entre las diferentes unidades logísticas propias de su proceso, fase o actividad, facilitando así al llegar al último eslabón de la cadena de suministro y el recorrido hacia adelante o hacia atrás sobre el historial del producto.

En el ámbito de los productos pesqueros argentinos, el sistema de trazabilidad involucra a los diferentes actores de la cadena de suministro que operan sobre el producto, incluyendo la información que se genera y se recibe entre las organizaciones intervinientes, en las áreas de Recepción, Producción y Expedición. Presenta como ventajas asociadas a la salud de los consumidores a través de la provisión de garantías de la calidad, el desarrollo de controles para la pesca ilegal en la necesidad de establecer claramente la procedencia en un esfuerzo conjunto por una mejor gobernanza de los recursos marinos.

Las regulaciones de trazabilidad para el sector pesquero se rigen en la provincia de Buenos Aires por las Resoluciones Nº 252/11, Nº 10/12 y Nº 86/15 para la provisión de información estadística y biológica suministradas por los Partes de Pesca de las Embarcaciones que operan en los puertos de la Provincia. La trazabilidad se encuentra regulada para el sector pesquero por normativas emanadas de SENASA referidas al procedimiento de control de descarga de los buques fresqueros

por la Resolución N° 348/2007, en consonancia con las normativas de la Unión Europea como mercado significativo para la exportación de productos pesqueros argentinos con especial atención sobre los controles oficiales que sobre ellos se realicen.

Dado que el consumidor promedio desconoce el término trazabilidad, las investigaciones se han enfocado tanto en los beneficios de su aplicación como en la seguridad alimentaria, el origen y la calidad o, en el control de la cadena de suministro; en este último caso, se refiere al control ejercido por organismos expertos a fin de ofrecer señales informativas que aporten credibilidad, es decir que ofrezcan garantías en el consumo del producto [1]. La trazabilidad dota así al producto de valor adicional, otorgándole mayor seguridad al consumidor.

Entre las ventajas que resultan de su implementación se pueden mencionar la interoperabilidad entre los diversos actores de la cadena de suministro, la compatibilidad de los lotes informativos, la identificación unívoca del producto, el mayor control sobre el flujo físico y su logística y la reducción de los costes transaccionales [7]. La incorporación de estos sistemas en la cadena de suministro de los productos derivados de la pesca, desde su extracción hasta la comercialización al por menor de los mismos, aumenta la seguridad y calidad alimentaria, como así también el aseguramiento de una explotación sostenible de los recursos en este sector. El seguimiento y evaluación del sistema de trazabilidad posibilita ajustar los posibles errores y validar su eficacia.

La necesidad de proveer sistemas de información que aporten fluidez en el desplazamiento y transformación de los productos adopta a la trazabilidad como garantía de la continuidad del flujo informativo, ofreciendo un servicio más al cliente sobre el estado de su despacho, el origen de un alimento o el rastreo de una devolución. En este sentido, la adopción de un sistema de trazabilidad aporta también beneficios a la empresa que lo aplica, pues facilita el control de procesos y de los sistemas de gestión de calidad, con una clara oportunidad para la diferenciación de productos [8]. La trazabilidad se desarrolla bajo un flujo de información en conjunción con el flujo físico, bajo criterios de inspección, como generadora de concientización, transparencia y responsabilidad social corporativa para la asunción de la organización del impacto de su quehacer en la comunidad. Se concibe así a esta herramienta como impulsora de la competencia y del agregado de valor al producto a partir del cumplimiento de las instancias informativas solicitadas por el cliente.

El estudio empírico sobre el sistema de trazabilidad en el sector pesquero se sitúa en uno de los lugares representativos en la República Argentina en la explotación de recursos marinos: al sur de la provincia de Buenos Aires, en la ciudad de Mar del Plata, cabecera del Partido de General Pueyrredon. La localidad debe el inicio de su prosperidad a las artes pesqueras, como actividad económica rentable, iniciada con la migración italiana hacia fines del siglo XIX, seguida de los aportes de inmigrantes belgas que trajeron los primeros barcos de altura en la década del '50. El sector pesquero en el Partido comprende tanto la captura como la elaboración y comercialización de los recursos pesqueros.

Diversos modelos confluyen en el puerto pesquero: uno, generador de empleo, bajo una coalición que se lleva a cabo tanto a bordo de las embarcaciones como en tierra y otro, extractivo, realizado por la flota congeladora con menor requerimiento de mano de obra y mayor capacidad para la explotación de recursos [9]. La actividad pesquera se enmarca en dos sectores, en el sector primario se divide en sub-sectores según el tipo de flota que opera sobre el recurso –buques fresqueros de altura, buques fresqueros costeros grandes y chicos y, buques procesadores– mientras que en el sector secundario la clasificación de la producción industrial se realiza según el tipo de proceso –fileteado, congelado, conservas, semiconservas, harina, aceite y salado– así como el destino final de los productos –mercado interno y externo– [10]. El estudio se enfoca principalmente en el estudio de los sistemas de trazabilidad en la interconexión de los modelos generadores de empleo en tierra, así como los extractivos, tanto en el sector primario como en el secundario, entendiendo la efectividad de la herramienta de trazabilidad como consecuencia de la exitosa interacción de los actores y dispositivos involucrados.

3. METODOLOGÍA

Se abordó una investigación cualitativa, de tipo descriptiva, con triangulación de métodos abordando las técnicas de entrevista y análisis de contenido. En el marco de la investigación cualitativa la triangulación comprende el uso de varias estrategias en el estudio de un fenómeno, en este caso, se adoptan las entrevistas semi-estructuradas y el análisis de contenido a fin de superar debilidades y sumar fortalezas, visualizando la problemática desde diferentes perspectivas, aumentando así la validez y consistencia de los hallazgos [11 y 12]. Si bien cada estrategia evalúa el fenómeno de forma diferente, cada una de ellas aporta a la visión de conjunto desde su enfoque específico, enriqueciendo la construcción final. Si bien puede generarse información redundante, esto permite contrastar significados y otorgar validez en la verificación de una observación.

Las entrevistas se efectuaron sobre una muestra teórica integrada por personal jerárquico perteneciente a las Áreas de Calidad y Manufactura de las empresas procesadoras de pescado de la ciudad de Mar del Plata, durante los meses de mayo a julio de 2020, con 8 entrevistas sobre un total de 82 plantas procesadoras [13]. Los entrevistados poseían formación universitaria específica,

tanto hombres como mujeres entre los 30 y 55 años de edad, de radicación en la ciudad y procedencia de diferentes lugares del país. El análisis de contenido se efectuó sobre los documentos constitutivos del circuito administrativo de Recepción, Producción y Expedición disponiendo así de documentos externos como el Remito, Parte de Pesca, Factura, Acta de Descarga, Distribución de Captura Legal, Certificado de Captura Legal y Permiso de AFIP, así como de documentos internos, tales como la Planilla de Control de Recepción, Observación del Remito, Informe de Calidad, Parte Diario de Producción y Planilla de Control de Expedición.

Para el desarrollo de la entrevista se elaboró un guión de preguntas estructurado en tres bloques de preguntas, correspondientes con los siguientes objetivos:

- reconocer los intereses en adoptar la trazabilidad como herramienta de gestión de información y de agregado de valor al producto pesquero,
- explorar las actividades críticas en la interacción de los actores de la cadena de suministro para la elaboración del producto y,
- elaborar recomendaciones para facilitar su sistematización y digitalización en las organizaciones.

El instrumento se sometió al juicio de dos expertos para verificar su fiabilidad y consistencia llevándose a cabo una experiencia piloto para demostrar su viabilidad. El guion se aplicó en los encuentros pautados con los referentes o informantes clave seleccionados que componían la muestra teórica. Una vez concertadas las entrevistas, éstas manifestaron una amplia aceptación para llevar a cabo el estudio, facilitando esta situación el desarrollo de la investigación. Las entrevistas se efectuaron en forma virtual, a través de diferentes plataformas de videoconferencia pues el país se encontraba en diferentes fases del distanciamiento social preventivo y obligatorio -DISPO- por la pandemia de virus SARS-COVID-19 y la ciudad en particular en una fase restrictiva que impidió los encuentros presenciales. Se ofreció a cada entrevistado una breve descripción sobre la investigación, sus objetivos y la situación de contexto en que se originó. Se envió previamente un documento de consentimiento informado para el resguardo de la confidencialidad y los posibles usos futuros de la información obtenida.

Después de la sexta entrevista no se obtuvieron aportes significativos para el trabajo, sin distinguir una mayor riqueza informativa en la continuidad del proceso, llegando así a lo que se denomina punto de saturación de la muestra. Esta saturación teórica es el criterio definido por Glaser y Strauss que indica que el investigador no debe continuar con la búsqueda de información cuando ya no aparecen datos nuevos. [14] A este relevamiento se adicionaron las notas registradas durante las reuniones virtuales que operaron en forma confirmatoria para el análisis posterior y como herramienta de apoyo durante el encuentro a fin de resaltar los puntos de interés con el entrevistado. Finalizadas las entrevistas, se continuó con el análisis según las tres categorías definidas en el marco teórico del trabajo, a través los procesos de sistematización y codificación de la información obtenida que se inició con la revisión de los contenidos obtenidos, su clasificación y agrupación.

Las variables se muestran en la Tabla 1. Este proceso se repitió con los documentos para encontrar los puntos relevantes en los atributos informativos, los tiempos de presentación, los responsables y el lugar que ocupan en el desarrollo del sistema de trazabilidad posibilitando contrastar las categorías empíricas abordadas en el estudio.

Tabla 1. Variables de la investigación

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>
Trazabilidad de la materia prima entrante	Describe de forma unívoca la materia prima que ingresa a la planta procesadora, las fuentes y soportes de información y los riesgos asociados
Trazabilidad del producto en elaboración	Combina la identificación unívoca de la materia prima con los atributos propios de las fases del proceso de elaboración, las fuentes y soportes de información y los riesgos asociados
Trazabilidad del producto elaborado	Presenta de forma unívoca el historial del producto desde la captura hasta la finalización del proceso de elaboración, las fuentes y soportes de información y los riesgos asociados

4. RESULTADOS

Los resultados del trabajo se plantean en función del objetivo principal, analizar el sistema de trazabilidad de las empresas pesqueras de la ciudad de Mar del Plata, con elaboración de productos en tierra, y los elementos informativos que son empleados desde la recepción de materia prima hasta el destino final de los productos elaborados. Para su desarrollo se definieron tres variables

relacionadas con la trazabilidad de la materia prima (entrante), la trazabilidad en el proceso de elaboración (transformación y almacenamiento) y la trazabilidad en el destino final (producto enviado).

Para el análisis del sistema de trazabilidad se procedió a relevar el flujo de información que se incorpora al proceso de elaboración de productos pesqueros. Dicho flujo informativo se inicia con la recepción de la materia prima, insumo que se requerirá posteriormente para la producción de diferentes productos en base al denominado “variado costero bonaerense” que incluye especies como abadejo (*Genypterus Blacodes*), anchoita (*Engraulis Anchoita*), besugo (*Sparus Pagrus*), corvina (*Micropogonias Furnieri*), gatuzo (*Mustelus Schmitti*), merluza (*Merluccius Hubbsi*), raya (*Rayidae Spp.*), entre otras. La captura de este conjunto íctico costero constituye la materia prima que se emplea en las plantas procesadoras marplatenses para la elaboración de filetes, congelado, conservas, semiconservas, harina, aceite y productos en salazón, estos productos tienen como destino principal la comercialización en el mercado externo y en menor medida, en el interno.

En la Tabla 2 se muestra la descripción de las operaciones para la trazabilidad de los productos pesqueros de Mar del Plata. El flujo informativo se inicia a partir de la recepción del Remito que acompaña la entrega de la materia prima en la planta procesadora. En este documento constan los datos en tipo y cantidad de la variedad de pescado y los datos del buque, la marea o viaje de pesca y la fecha de inicio y finalización. Para el control de la recepción se elabora una Planilla de Control de Recepción y si no hubiera correspondencia entre lo enviado y lo consignado en el documento, se elaborará una nota de Observación de Recepción a fin de ajustar la información que luego se recibirá con la Factura. A continuación, se genera el rótulo de identificación (interno) que se adosa a cada cajón que se envía a la Sala de Elaboración. Este rótulo interno se confecciona con los datos del Remito para acompañar el traslado de las unidades logísticas o cajones con la materia prima, a fin de continuar con el control de trazabilidad sobre la identificación de los distintos ingresos registrados.

En la Sala de Elaboración, con el ingreso de los cajones de materia prima y sus rótulos de identificación, se da inicio al procesamiento. Cada unidad logística o caja se identifica con un Número de lote que acompañará el producto a lo largo de toda la cadena. Se completa un Parte Diario de Producción y se realiza un control de calidad, elaborándose un Informe de Calidad. Con el producto en su estado final, se elabora, por último, un Parte Diario de Producción y se envía a la Cámara de Mantenimiento y/o a Expedición para su preparación y envío al destino final.

Durante la jornada se recibe la Factura del Armador, junto con el Parte de Pesca y el Acta de Descarga. Estos documentos permiten convalidar los datos consignados e incorporar fehacientemente la latitud y longitud correspondientes a las coordenadas de la zona de captura de las especies recibidas. Con la recepción de estos documentos se puede generar la nueva capa informativa sobre el proceso.

En los próximos días de efectuado el envío de la materia prima a la planta procesadora, el Armador envía la Distribución de Captura Legal, avalada por la Subsecretaría de Pesca, documento necesario para la exportación de los productos pesqueros. En este organismo se estableció a partir del año 2015 un sistema para combatir la pesca ilegal a través de la exigencia de la presentación del Formulario de Distribución de Captura Legal bajo la responsabilidad de los Armadores, como requisito para el acceso al Certificado de Captura Legal, instrumento requerido para su habilitación para la exportación de productos.

El circuito para la provisión de trazabilidad al proceso de elaboración de productos pesqueros se configura desde la recepción de la materia prima enviada por el Armador hasta su destino final desde la Cámara de Mantenimiento a Expedición y desde allí al cliente, requiriendo un lapso entre tres y cuatro días para completar el flujo informativo que complementa al flujo físico de la elaboración de productos pesqueros que se muestra en la Figura 1.

Sobre la trazabilidad de la materia prima entrante para identificar de forma unívoca los insumos, se reconoce en el sistema adoptado por las empresas pesqueras marplatenses las siguientes características, que se presentan en la Tabla 3:

- Forma de identificación: rótulo interno de identificación al ingreso de la materia prima
- Procedencia de la información: formularios procedentes del Armador (Remito)
- Información contenida: datos de la materia prima, datos de la embarcación y de la marea de pesca y del transporte.
- Riesgos asociados: identificación incorrecta de los tipos de calidad y de la procedencia para disponer la materia prima en la Recepción, registro común sin separación por embarcación, error de arrastre en el registro por mayor desembarco, error en la captación de los datos del Remito.

Tabla 2. Descripción de las operaciones referidas a la trazabilidad del producto pesquero en la interacción con otros actores de la cadena de suministro. Mar del Plata. 2020

Actividad	Descripción	Miembro de la cadena / Sector	Documentos
Envío de materia prima	El Armador envía la materia prima con el remito desde el muelle (estiba)	Armador	Remito
Control de materia prima	En Recepción, se controla la materia prima recibida con la declaración que consta en el remito. Si existieran diferencias se eleva una nota al Armador con las observaciones para su ajuste posterior. Se elabora la identificación de todos los cajones ingresados con un rótulo interno elaborado con los datos del remito.	Recepción	Planilla Control de Recepción Observación de Recepción Rótulo de identificación de materia prima
Control de elaboración	Se traslada la materia prima ingresada a la Sala de elaboración y se elabora el Parte Diario de Producción.	Sala de elaboración	Parte Diario de Producción
Control de calidad	Se efectúa el control de elaboración sobre el producto en elaboración, a la finalización del proceso se traslada a la Cámara de Mantenimiento Se elabora el Rótulo de Identificación del producto en elaboración	Calidad	Parte Diario de Producción Informe de Calidad Rótulo de identificación de producto en elaboración
Control de Expedición	Se reciben los documentos para realizar la expedición de los productos Se elabora el Rótulo de Identificación del producto final	Expedición	Parte Diario de Producción Planilla Control de Expedición Rótulo de identificación de producto final
Control de MP recibida	Se reciben los documentos para realizar el control de la MP recibida	Administración	Factura Acta de Descarga Parte de Pesca Distribución de Captura Legal
Control de exportación	Se reciben los documentos para la exportación de los productos elaborados	Administración / Comercio Exterior	Distribución de Captura Legal Certificado de Captura Legal Permiso de AFIP

La provisión de información en esta etapa requiere de información externa suministrada por el Armador a fin de confeccionar los formularios internos que se asociarán a la materia prima. Una vez controlado el envío, se generan los rótulos que se colocan en los cajones de la materia prima. Como se reconoce en otras investigaciones, sería deseable que esta práctica se llevara a cabo también para otros insumos, como envases, aditivos y otros ingredientes [15]. Con este tipo de rotulado, toda la materia prima que ingresa a la planta procesadora se desplaza hacia la Sala de Elaboración perfectamente identificada, dando comienzo al proceso de trazabilidad al interior de la empresa.

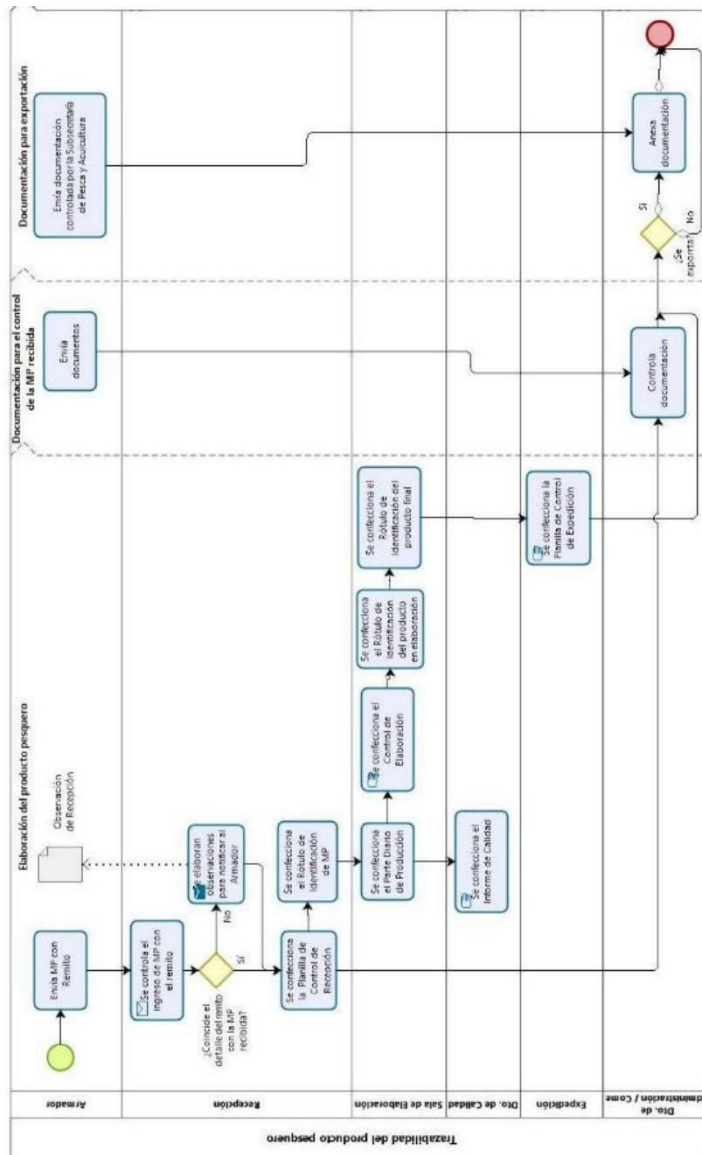


Figura 1. Procedimiento asociado con la trazabilidad del producto pesquero en la interacción con otros actores de la cadena de suministro puerto de Mar del Plata. 2020

Tabla 3. Elementos de trazabilidad en la elaboración de productos pesqueros. Mar del Plata. 2020

Información	Unidad de información	Documentos
<p>Armador / Matrícula de barco / Marea / Fecha de ingreso / Especie / Peso</p> <p>Estos datos son provistos por el Remito y convalidados por la Planilla de Control de Recepción en cantidad de cajones, peso y tipo de especie recibida además de los datos propios del transporte como patente y descripción de la unidad</p>	Rótulo de Identificación de materia prima	Remito Planilla de Control de Recepción
<p>Matrícula de barco / Marea / Fecha de ingreso / Fecha de elaboración / Especie / Tipo de presentación / Número de lote</p> <p>(estos datos son provistos por el Rótulo de identificación de materia prima, el Parte Diario de Producción</p>	Rótulo de Identificación de materia prima + Rótulo de identificación de producto en elaboración	Parte Diario de Producción Informe de Calidad

y se refrendan por el Informe de Calidad)		
Matrícula de barco / Marea / Fecha de ingreso / Fecha de elaboración / Especie / Número de lote / Fecha y hora de salida / Destino / Contenedor / Documentación sanitaria (estos datos son provistos por Rótulo de identificación de materia prima, el Rótulo de identificación de producto en elaboración y se refrendan por Planilla Control de Expedición y la Distribución de Captura Legal)	Rótulo de Identificación de materia prima + Rótulo de identificación de producto en elaboración + Rótulo de identificación con información de destino	Parte Diario de Producción Informe de Calidad Planilla Control de Expedición Distribución de Captura Legal Certificado Sanitario de Exportación o Permiso de tránsito (mercado interno)

Para la trazabilidad del producto en elaboración, para identificar las unidades logísticas o lotes se dispone de formularios creados “*ad hoc*” para su seguimiento:

- Forma de identificación: rótulo interno de trazabilidad del producto en elaboración
- Procedencia de la información: formularios procedentes del Armador (Acta de Descarga y Parte de Pesca) y propios como el Parte Diario de Producción y el Informe de Calidad
- Información contenida: datos de la materia prima, datos de la embarcación y de la marea de pesca, N° de lote, peso y coordenadas de captura
- Riesgos asociados: existencia de múltiples unidades logísticas referidas a productos en elaboración con errores de rotulación.

En esta etapa del proceso, al N° de lote se adiciona la fecha y hora de en una trazabilidad descendente que permitirá el seguimiento de los productos que se están fabricando.

Sobre la tercera variable, la trazabilidad de los productos finales o salientes, se adiciona a la información anterior, los datos que permiten ubicar en el tiempo la finalización del proceso productivo y a partir de la búsqueda de cualquiera de los identificadores se puede rastrear el historial de operaciones llevadas a cabo sobre el producto.

- Forma de identificación: rótulo interno de trazabilidad del producto terminado
- Procedencia de la información: formularios procedentes del Armador (Distribución de Captura Legal) y propios como el Parte Diario de Producción, el Informe de Calidad y la Planilla de Control de Expedición
- Información contenida: datos de la materia prima, datos de la embarcación y de la marea de pesca, N° de lote, coordenadas de captura, fecha y hora de salida, destino, contenedor
- Riesgos asociados: existencia de múltiples unidades logísticas referidas a productos terminados con errores de rotulación.

Las interacciones con otros miembros de la cadena de suministro se generan a lo largo de todo el proceso de elaboración, desde la recepción hasta la obtención del producto final existe interacción con el Armador y en la última etapa, con el cliente hacia el destino final de los productos elaborados.

5. CONCLUSIONES

El cambio de hábito de los consumidores, con mayores exigencias respecto de las garantías ofrecidas sobre la procedencia y calidad de los productos, requiere de garantías para la integración de todos los eslabones de la cadena de suministro acerca de las especificaciones y estándares de producción, es decir sobre los procesos de elaboración, almacenamiento y distribución a lo largo del ciclo de vida completo del producto. Estos acuerdos se basan en la trazabilidad como mecanismo para efectuar el seguimiento sobre el desarrollo del producto.

La complejidad inherente a estos requerimientos se asienta no ya en la integración de funciones al interior de las empresas, sino en proveer en forma coordinada y conjunta los datos que se irán anexando hasta completar las identificaciones de cada tramo en la historia de la unidad logística, entre todos los miembros de la cadena, donde cada uno de ellos resulta esencial para ofrecer las garantías requeridas por clientes y consumidores.

En la elaboración de productos pesqueros la trazabilidad responde así a los interrogantes de: ¿cuándo y dónde se capturó?, ¿dónde y cuándo se elaboró?, ¿bajo qué condiciones y con qué procedimientos se elaboró?, ¿cuándo se finalizó? y, ¿dónde y bajo qué formato se envió? Este proceso básicamente se refiere a compartir e integrar datos a través de un flujo de información asociado con el producto desde su origen como materia prima hasta su destino final, al cliente y/o consumidor.

Establecido como soporte de la identificación unívoca de los productos, la trazabilidad supone numerosas ventajas asociadas con su cumplimiento. Al interior de la empresa procesadora no solo posibilita la sistematización de las operaciones, sino que permite el control de inventario en tiempo

real, ofrece un mayor seguimiento en la provisión de información evitando así reclamos posteriores y facilitando la ubicación y seguimiento de los productos, con un control efectivo de los procedimientos de elaboración que permiten ofrecer respuestas rápidas y confiables a los clientes en una clara contribución a la competitividad.

Con estos antecedentes respecto de los beneficios de la trazabilidad para la competitividad de las empresas, el análisis efectuado muestra mayores riesgos en la interacción entre el Armador y las empresas procesadoras por tratarse de un proceso manual sin soporte electrónico para la captación y/o transferencia de datos. A través del estudio de la vinculación del flujo de información al flujo físico de los productos se observaron interacciones con dos actores de la cadena de suministro en forma directa que implican la incorporación de información externa a la propia que se genera en el proceso de elaboración:

- el Armador, con sucesivos envíos de información, en primera instancia con la documentación que se adjunta a la materia prima que permite el inicio de la generación de información para vincular con las unidades logísticas o comerciales,
- el cliente, quién recibe el producto terminado para su comercialización y/o consumo, donde se especifican los datos propios del destino.

En forma indirecta se interactúa con la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, a través de la convalidación de la información enviada por el Armador, y que confirma los datos adicionados en el flujo informativo de las unidades logísticas respecto de la zona de captura y la cobertura de las cuotas.

La globalización plantea para las empresas procesadoras oportunidades de acceso a otros mercados, pero también surgen riesgos tanto por problemas sanitarios de la población o fraude, situaciones donde la trazabilidad se constituye en una herramienta que permite dar respuestas a las normativas de otros países en materia de etiquetado de productos. El estudio abordado permite reconocer el proceso de identificación del producto pesquero, con las interacciones entre los diferentes actores y detectar los posibles puntos donde se requiere atención para la definición de medidas y controles que actúen preventivamente en la detección de posibles fallos, omisiones u errores en el registro de información.

La adopción de tecnologías en los sistemas de trazabilidad facilitan no solo la velocidad sino la precisión de las operaciones y ofrece mayores garantías en la identificación del historial del producto. Sin embargo su incorporación a la cadena de suministro pesquero se encuentra respecto de la trazabilidad, aún latente, aún reconocidos sus beneficios en la provisión de información oportuna y facilita la comunicación entre los diferentes actores de la cadena, tanto al interior de las empresas procesadoras como en los puntos de interacción se observa un piso tecnológico mínimo en la gestión administrativa, donde la trazabilidad se presenta como una herramienta de gestión de información donde su empleo puede traer ventajas considerables en la reducción de costos por la omisión de errores, en el cumplimiento de las normativas vigentes con mayor celeridad y facilitar el conocimiento de los atributos intangibles.

6. REFERENCIAS.

- [1] Metref, H. y Calvo-Dopico, D. (2016). Señalización de la calidad y análisis de los beneficios asociados a la trazabilidad. Análisis del mercado del atún en España. *ITEA*, 112 (4), 421-437.
- [2] Sesar, G. (2015). Estudio de mercado de la cadena de suministro del pescado blanco proveniente de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre.
- [3] Goulding, I.C. (2016). *Manual de sistemas de trazabilidad del Pescado y Productos Pesqueros*. República Dominicana: Caribbean Regional Fisheries Mechanism, No. 13.
- [4] Sánchez Villagrán, R. (2008). *Introducción a la Trazabilidad. un primer acercamiento para su comprensión e implementación*. 1era. ed. Buenos Aires: El Escriba.
- [5] Calvo Dopico, D. (2015). Implantación de la trazabilidad y su relación con la calidad: marco conceptual y retos estratégicos. Aplicación al sector pesquero. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 15(1), 79-98.
- [6] World Wildlife Fund [WWF]. (2015).
- [7] Global Standard One (2003). *Implementación de Trazabilidad EAN.UCC. Proyecto TRACE-1*. Buenos Aires: GS1.
- [8] Rodríguez Ramírez, R., González-Córdova, A., Arana Navarro, M., Sánchez-Escalante, A.; Vallejo-Cordoba, B. (2010). Trazabilidad de la carne de bovino: conceptos, aspectos tecnológicos y perspectivas para México. *Interciencia*, 35(10), 746-751
- [9] Lanari, M. E. y Cutuli, R. (2010). Trabajadores de la industria pesquera procesadora: conserva y fileteado en el puerto de Mar del Plata. *En L. Aguirre, A. Andreoni, R. Armendáriz y M. Arocena, (Eds.), Concurso bicentenario de la patria. El estado de la clase trabajadora en la provincia de Buenos Aires. La Plata, Argentina: Ministerio de Trabajo de la Provincia de Buenos Aires*

- [10] Bertolotti, M., Errazti, E., y Pagani, A. (2002). El sector pesquero del PGP: Serie Estudios y perspectivas. *CEPAL*. Buenos Aires, Argentina
- [11] Denzin, N. K. (1970). *Sociological Methods: a Source Book*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- [12] Benavides, M. O. y Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124
- [13] Ministerio de Hacienda (2018). *Informes Productivos Provinciales*. Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Microeconómica. Presidencia de la Nación Argentina.
- [14] Glaser B. y Strauss A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine Publishing Company.
- [15] González, A. y Moralejo, S. (2007). Protocolo de actuación en el diseño de un sistema de trazabilidad para la industria alimentaria. *Agroalimentaria*, 12(25), 63-84.

Selección de proveedores en la minería del Litio en el NOA con lógica difusa y el modelo SCOR.

Thames Cantolla, Martin*; Valdez, Silvana Karina

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*

Av. Bolivia 5150 – Salta Capital – CP:4400.

core.mtc@hotmail.com skvaldez@gmail.com

RESUMEN

La gestión logística es un aspecto importante en la cadena de valor de una empresa ya que involucra los flujos de productos, servicios e información. Entre las actividades a tener en cuenta, se destaca la selección de proveedores, ya que a partir de la misma se garantiza la calidad y disponibilidad de los insumos y servicios necesarios; esto sin descuidar el factor precio. Una buena selección de proveedores, permite obtener una disminución de los costos operativos y cumplir con la demanda del mercado, manteniendo una ventaja competitiva. En la minería del litio en el NOA, las empresas mineras se localizan en lugares estratégicos para sus procesos productivos pero alejados de los grandes centros urbanos. Por lo cual, se deben considerar ciertos criterios al momento de elegir los proveedores adecuados. En este trabajo se presenta un modelo de selección de proveedores basado en la lógica difusa. En el mismo se consideran criterios de selección como calidad, precio, solidez financiera, servicio postventa y desempeño, basados en el modelo SCOR; como así también un criterio particular para la minería en el NOA llamado pertenencia (incorporación de mano de obra local). Estos criterios fueron ponderados de manera cuantitativa y cualitativa de acuerdo con los requisitos del sector. El modelo se desarrolló en Matlab incorporando las funciones de agregación y las reglas lógicas IF-THEN definidas previamente. Finalmente, se validó su utilidad a partir de la aplicación de un ejemplo con cuatro proveedores. Los resultados obtenidos permiten optimizar el proceso de toma de decisiones, disminuyendo la ambigüedad y la incertidumbre.

Palabras Claves: selección de proveedores, SCOR, litio, minería, lógica difusa.

ABSTRACT

Logistics management is an important aspect in the value chain of a company since it involves the flows of products, services and information. Among the activities to be taken into account, the selection of suppliers stands out, since from it the quality and availability of the necessary supplies and services is guaranteed; this without neglecting the price factor. A good selection of suppliers allows to obtain a reduction in operating costs and to meet market demand, while maintaining a competitive advantage. In lithium mining in the NOA, mining companies are located in strategic places for their production processes but far from large urban centers. Therefore, certain criteria must be considered when choosing the right providers. In this work, a supplier selection model based on fuzzy logic is presented. In it, selection criteria such as quality, price, financial soundness and performance are considered, based on the SCOR model; as well as a particular criterion for mining in the NOA called membership (incorporation of local labor). These criteria were weighted quantitatively and qualitatively according to the requirements of the sector. The model was developed in Matlab incorporating the aggregation functions and IF-THEN logic rules previously defined. Finally, its usefulness was validated from the application of an example with four providers. The results obtained allow the optimization of the decision-making process, reducing ambiguity and uncertainty.

Keywords: supplier selection, SCOR, lithium, mining, diffuse logic

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el mercado mundial del litio se ha visto incrementado debido a la creciente demanda por parte de los fabricantes de baterías para distintas aplicaciones, en donde la industria automotriz lidera abarcando un 39% del mercado, demanda que de acuerdo a proyecciones para el 2025, alcanzaría a más de dos tercios de la demanda mundial. Desde esta visión, se observa con gran atractivo a los salares sudamericanos enriquecidos en litio, ya que presentan una gran disponibilidad de recursos y costos operativos competitivos [1,2]. En Sudamérica, la cuarta reserva mundial de litio se localiza en Argentina (país integrante del “triángulo del litio” junto a Bolivia y Chile) representando un desafío local y regional, superar un esquema de extracción minera de litio de alto valor tecnológico [3].

Por su parte, en la zona del Noroeste Argentino (NOA), existen numerosas empresas abocadas a la producción sales del litio, sin embargo, solo 3 de ellas se encuentran en producción (una en Catamarca, otra en Jujuy y una tercera en Salta) con una planta piloto ya en funcionamiento y realizando inversiones para instalar la planta industrial más grande del mundo [4]. De acuerdo a la Secretaría de Minería de Salta, en la provincia existen 50 proyectos de extracción de litio en desarrollo, de los cuales dos se encuentran en fase avanzada para estar en producción para el 2022. Las principales expectativas del gobierno nacional para que el país se convierta en el segundo productor mayoritario de litio a nivel mundial en el año 2022, están puestas en Salta [5,6]. Por su lado, la cadena de valor del litio se encuentra integrada por distintos actores y eslabones, quienes a su vez conforman otras cadenas de valor que se vinculan entre sí tanto de forma directa como indirecta. Por ello, optimizar cada eslabón permitirá a su vez incrementar el valor que cada uno ofrece a la cadena en su totalidad, logrando de esta manera un crecimiento integro entre los involucrados. La selección de proveedores es una actividad de gran importancia para el éxito de una empresa. Esto es debido a que el precio y la calidad de los bienes y servicios ofrecidos al mercado, están directamente relacionados con el costo y la calidad de aquellos adquiridos a los proveedores. Por lo tanto, la selección de proveedores tiene un papel importante en la cadena de valor. Ante los entornos altamente competitivos de hoy en día, el objetivo de cualquier departamento de compra debería ser comprar un producto/servicio con una calidad correcta, del proveedor correcto en el momento correcto. Todo esto sin dejar de lado el precio. Una buena selección de proveedores permite obtener una disminución de los costos operativos y cumplir con la demanda del mercado, manteniendo una ventaja competitiva [1, 2].

La selección de proveedores se encuentra relacionada con la toma de decisiones de criterios múltiples (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) en donde el tomador de dediciones debe analizar factores de carácter cuantitativo y cualitativo [5, 6, 7].

En la industria minera, estos aspectos no pasan desapercibidos, puntualmente, en la minería del litio en el NOA, las empresas mineras se localizan en lugares estratégicos para sus procesos productivos pero alejados de los grandes centros urbanos. Por lo cual, se deben considerar ciertos criterios al momento de elegir los proveedores adecuados y es por ello que se emplearon los conceptos de la lógica difusa y el modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (Supply Chain Operations Reference model, SCOR).

1.1 Lógica difusa

La lógica difusa es utilizada en los procesos de toma de decisión debido a su versatilidad para trabajar con valores imprecisos a partir del empleo de variables lingüísticas (expresiones de sentido común usadas para describir situaciones o condiciones) [8, 9, 10]. Es una extensión de la lógica booleana y está basada en la teoría matemática de conjuntos difusos, que a su vez constituyen una generalización de la teoría de conjuntos clásica. Se parte de la noción de “grado de verificación” o “grado de pertenencia” de una condición, lo que permite que esta última pueda encontrarse en un estado distinto del “verdadero” o “falso” que encontraríamos en la lógica booleana [11, 12]. Todo esto brinda flexibilidad al momento de tomar decisiones, permitiendo trabajar con cierto grado de inexactitud y/o incertidumbre. Una de las ventajas de trabajar con lógica difusa es que las reglas lógicas se establecen en lenguaje natural, lo que permite formalizar el razonamiento humano. Es así que, la lógica difusa trabaja con conceptos tales como: conjuntos difusos, funciones de pertenencia, reglas IF-THEN, entre otros [13].

1.1.1 Conjuntos difusos

Son aquellos conjuntos en donde se contempla la pertenencia parcial de un elemento (x) al conjunto (A), es decir que, cada elemento del conjunto se encuentra asociado a un grado de pertenencia que se define mediante una función característica $\mu_A(x)$. Esta última, toma valores entre 0 y 1, donde 0 representa la no pertenencia absoluta y 1 representa pertenencia absoluta al conjunto [14, 15]. De esta forma, un conjunto difuso se puede representar como la Ecuación (1)

$$A = \left\{ \left(x, \mu_A(x) \right) \mid x \in U \right\} \quad (1)$$

donde:

x = elemento del conjunto

$\mu_A(x)$ = función de pertenencia, también llamada función de membresía

U = universo de discurso o dominio

1.1.2 Función de pertenencia o membresía

La función de membresía puede tener diferentes formas, y la seleccionada para analizar un problema en particular, dependerá del problema en sí. Es así que las funciones más utilizadas por su simplicidad matemática, son: triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoideal, gamma, pi y campana [16].

La única condición que debe cumplir una función de membresía es que sea continua y tome valores entre 0 y 1 como se observa en la Ecuación (2).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } (x < a) \text{ ó } (x > d) \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2)$$

1.1.3 Sistema de inferencia difusa. IF-THEN

Las reglas difusas IF-THEN son un conjunto de proposiciones que modelan el problema que se está analizando y que se busca resolver. Relacionan variables lingüísticas difusas de entrada para convertirlas en variables difusas de salida [11, 12, 16].

1.2 Modelo SCOR

El modelo SCOR es una herramienta de gestión que ayuda a mejorar el rendimiento de las cadenas de suministro y la integración entre los diferentes eslabones de las mismas. El modelo identifica las mejores prácticas de la industria, las métricas de rendimiento y requisitos funcionales de cada proceso central, subproceso y operaciones de la cadena de suministro. A su vez, proporciona una estructura y una terminología estándar para ayudar a las empresas a unificar una amplia gama de herramientas de gestión. El modelo SCOR ayuda a las empresas a desarrollar y gestionar la estructura de su cadena de suministro de forma eficaz [17, 18].

Entre los atributos de rendimiento competitivo que considera el modelo [17, 19-20], tenemos:

- **Confiabledad:** se busca que se envíe el producto solicitado por el cliente al lugar y momento adecuado, teniendo en cuenta la calidad, cantidad y documentación requerida.
- **Capacidad de respuesta:** velocidad que tiene la cadena de suministro para proporcionar los productos a los clientes.
- **Agilidad:** rapidez que tenga la cadena de suministro para responder ante cambios que se den en el mercado. Busca mantener la ventaja competitiva. Aquí se tiene en cuenta la flexibilidad y adaptabilidad de la cadena.
- **Costos:** vinculado a los costos que se generan en las operaciones de la cadena de suministro, incluye costos de mano de obra, costos de materiales, costos de administración y transporte.
- **Eficiencia de la gestión de activos:** garantiza una organización efectiva para satisfacer la demanda.

En este trabajo se presenta un modelo de selección de proveedores basado en la lógica difusa. En el mismo se consideran criterios de basados en el modelo SCOR; como así también un criterio particular para la minería en el NOA llamado pertenencia (incorporación de mano de obra local). Estos criterios fueron ponderados de manera cuantitativa y cualitativa de acuerdo con los requisitos del sector. El modelo se desarrolló en Matlab incorporando las funciones de agregación y las reglas lógicas IF-THEN definidas previamente. Finalmente, se validó su utilidad a partir de la aplicación de un ejemplo con cuatro proveedores. Los resultados obtenidos permiten optimizar el proceso de toma de decisiones disminuyendo la ambigüedad y la incertidumbre al momento de seleccionar uno o varios proveedores.

2. METODOLOGIA

Para el desarrollo del modelo, en primer lugar, se definieron los criterios a considerar para seleccionar los proveedores. Se tomaron como referencia los trabajos de [16-21]; quienes emplearon la lógica difusa para desarrollar sus modelos de selección de proveedores.

2.1 Criterios de selección

En función de las características principales que presentan los sistemas logísticos de compras, se seleccionan aquellos criterios que serán representativos para la toma de decisiones. Estos criterios

fueron seleccionados a partir de los atributos de rendimiento considerados por el modelo SCOR, los mismos son:

- Calidad del producto/servicio ofrecido por el proveedor.
- Precio del producto/servicio ofrecido por el proveedor.
- Solidez financiera del proveedor.
- Servicio postventa del proveedor.
- Desempeño histórico del proveedor (si cumplió en tiempo y forma en pedidos anteriores, si respetó lo acordado, etc.)

Estos criterios son validados a partir de la revisión de bibliografía [19-21] que trata el tema de la selección de proveedores y en los cuales utilizar modelos multicriterios y asignarles ponderaciones es lo recomendable, ya que, de esta manera, el modelo puede adaptarse a los distintos requerimientos y/o preferencias de cada empresa.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los requerimientos gubernamentales que las empresas mineras en el NOA deben seguir y considerando la responsabilidad social empresaria (RSE), se adiciona un quinto criterio. Este último, teniendo en cuenta que las empresas mineras se encuentran comprometidas con el desarrollo local y por esto, tanto ellas como todas aquellas empresas que deseen formar parte de su cartera de proveedores deben incorporar mano de obra de la zona de influencia [1, 3, 4, 22-24]:

- Pertenencia, referente a la incorporación de mano de obra local por parte de la empresa proveedora.

2.2 Ponderación de criterios y variables lingüísticas

Habiendo seleccionado los 6 criterios para la toma de decisiones, se realiza la ponderación de los mismos en función de la información recopilada de otros autores [16, 25, 26], considerando que el criterio Pertenencia llevará una ponderación del 25% por su importancia para las empresas mineras Salteñas; además se presentan las variables lingüísticas que cada uno los criterios puede tener. Los mismos se observan en la Tabla 1 y corresponden a las entradas del modelo.

Tabla 1: *Criterios seleccionados, ponderaciones, nomenclaturas y variables lingüísticas asociadas.*

% Peso	Criterio	Nomenclatura para el modelo	Variables lingüísticas
20%	Calidad	CAL	Baja, Media, Alta
20%	Precio	PRE	Bajo, Medio, Alto
15%	Desempeño	DES	Deficiente, Bueno, Excelente
10%	Solidez financiera	SFI	Regular, Buena, Excelente
10%	Servicio postventa	SPO	Deficiente, Bueno, Excelente
25%	Pertenencia	PEA	NoApto, En Tramite, Apto

Cabe destacar que, la ponderación de los criterios podría variar de empresa en empresa, dependiendo de los requerimientos que se tengan en cada caso. En la búsqueda bibliográfica realizada el criterio Pertenencia no fue considerado en otros modelos para la selección de proveedores.

2.3 Variable de salida

Además de haber seleccionado los criterios de selección que constituyen las variables de entrada al modelo, es necesario definir una variable de salida, la cual llamamos Preferibilidad del Proveedor y tiene las variables lingüísticas que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2: Variable de salida, nomenclatura y variables lingüísticas

Variable de salida	Nomenclatura para el modelo	Variables lingüísticas
Preferibilidad del Proveedor	PREF	No Preferible, Poco Preferible, Preferible, Muy Preferible

La función de membresía elegida tanto para los criterios como la variable de salida, es del tipo de las funciones trapezoidales. Esto debido a que en los trabajos de diferentes autores se recomienda el uso de estas funciones por su versatilidad para establecer intervalos de pertenencia relativa e intervalos de pertenencia absoluta; lo que permitiría adoptar condiciones de incertidumbre más complejas [16, 21, 26, 27]. Los rangos de valores posibles que pueden tomar van de 0 (menor valoración) hasta 5 (mayor valoración)

2.4 Reglas IF-THEN

Para definir las reglas lógicas que seguirá el modelo, se establecieron las combinaciones del tipo AND que vinculan los pesos de cada criterio con las variables lingüísticas que pueden tomar cada uno de ellos. Adicionalmente, para la variable de salida PREF se establecen un intervalo de valores que va del 1 al 5. Esto se observa en las Tabla 3.

Tabla 3: Variables de entrada y salida, junto a las variables lingüísticas y el valor asignado a cada una

Variables de entrada y salida	Variable lingüística y valor asignado
CAL	Baja (BAJ) = 1 Media (MED) = 3 Alta (ALT) = 5
PRE	Bajo (BAJ) = 5 Medio (MED) = 3 Alto (ALT) = 1
DES	Deficiente (DEF) = 1 Bueno (BUE) = 3 Excelente (EXC) = 5
SFI	Regular (REG) = 1 Buena (BUE) = 3 Excelente (EXC) = 5
SPO	Deficiente (DEF) = 1 Bueno (BUE) = 3 Excelente (EXC) = 5
PEA	No Apto (NAP) = 1 En Tramite (TRA) = 3 Apto (APT) = 5
PREF	No Preferible = valor dentro de [1,2) Poco Preferible = valor dentro de [2,3) Preferible = valor dentro de [3,4) Muy Preferible = valor dentro de [4,5]

Cabe aclarar que para el criterio Precio (PRE) los valores asignados son inversos a los de los otros criterios ya que el tener un precio bajo (5) es preferible a tener un precio alto (1). Establecidos los valores que se asocian tanto a las variables lingüísticas de cada criterio como a la variable resultante, se procede a definir las reglas lógicas IF-THEN, para ello se emplea una hoja de cálculo en donde se calculan, de acuerdo a los distintos valores de los criterios, los valores que puede tomar la variable resultante. Cabe aclarar que, en este paso, se tienen en cuenta los pesos asignados a cada criterio. El resultado de las 729 combinaciones posibles se observa en la Figura 1.

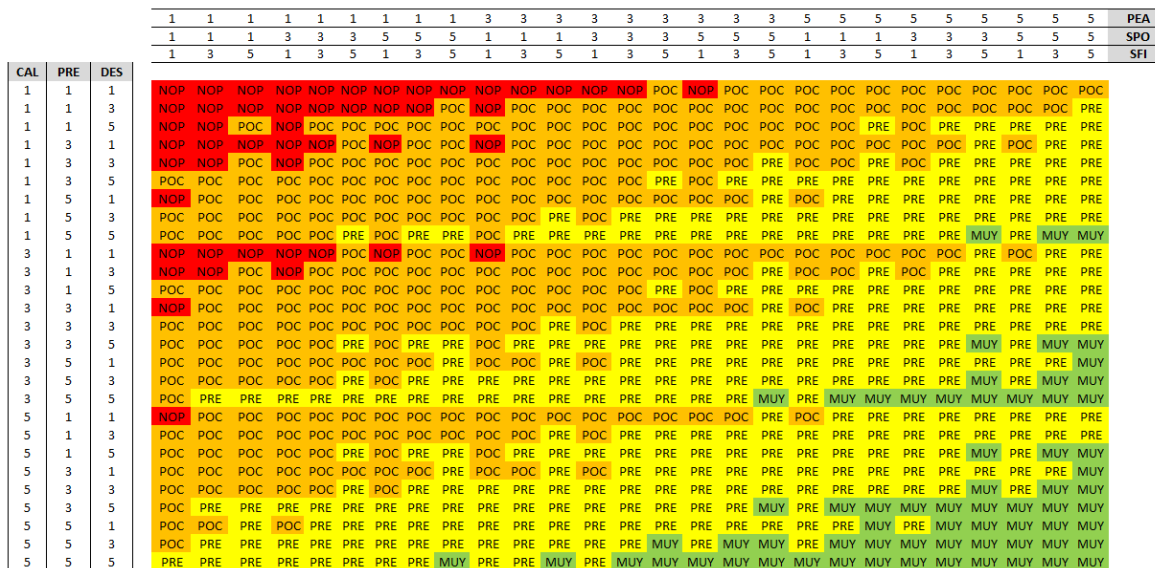


Figura 1: 729 combinaciones que definen las reglas IF-THEN. Donde: NOP=NoPreferible; POC=PocoPreferible; PRE=Preferible; MUY=MuyPreferible

De la Figura 1, se puede determinar la cantidad de reglas que arrojarán los distintos tipos de resultado, esto se observa en la Tabla 4:

Tabla 4: Resultados de las reglas IF-THEN junto a la cantidad de cada tipo

Tipo de resultado	Cantidad de reglas que arrojan el resultado
No Preferible	50
Poco Preferible	293
Preferible	318
Muy Preferible	38
TOTAL	729

3. APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

3.1 Simulación en MATLAB

Para el desarrollo del modelo, se empleó el simulador Matlab en su versión R2017b, junto al paquete Fuzzy Logic Designer. En el mismo se cargaron las 6 funciones de membresía de los criterios más la función de membresía para la variable de salida. Adicionalmente, se establecieron las reglas IF-THEN de la Figura 1. Cabe destacar en este punto que la metodología de resolución de lógica difusa empleada es la de Mamdani, la cual ya ha sido utilizada por otros autores para la resolución de problemas de gestión y logística [16-21, 25-27], En la Figura 2, se pueden apreciar las funciones dentro de Matlab:

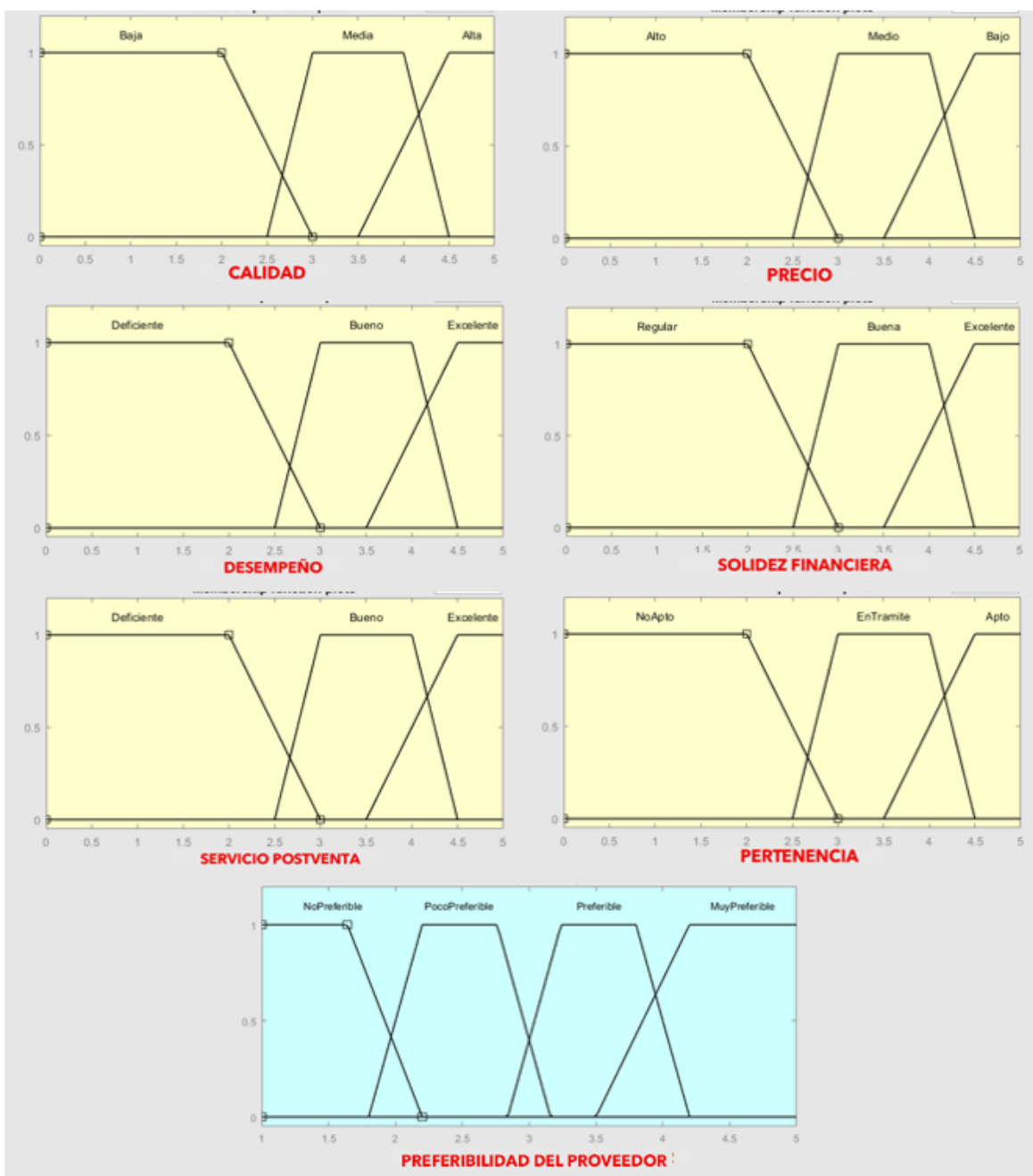


Figura 2: Funciones de membresía trapezoidales para cada variable de entrada y la variable de salida. Por otro lado, las reglas difusas (IF-THEN), se presentan como se observa en la Figura 3.

La metodología desarrollada para la selección de proveedores a partir de lógica difusa junto a criterios definidos del modelo SCOR y los requerimientos propios de la industria minera del NOA, fue aplicada con cuatro proveedores a modo de evaluar su utilidad. De esta manera, se establecieron valoraciones para cada uno de los criterios, simulando la calificación que el tomador de decisiones podría asignar para cada criterio y proveedor; con esto se obtuvieron los resultados correspondientes para cada proveedor tal como se observa en la Tabla 5.

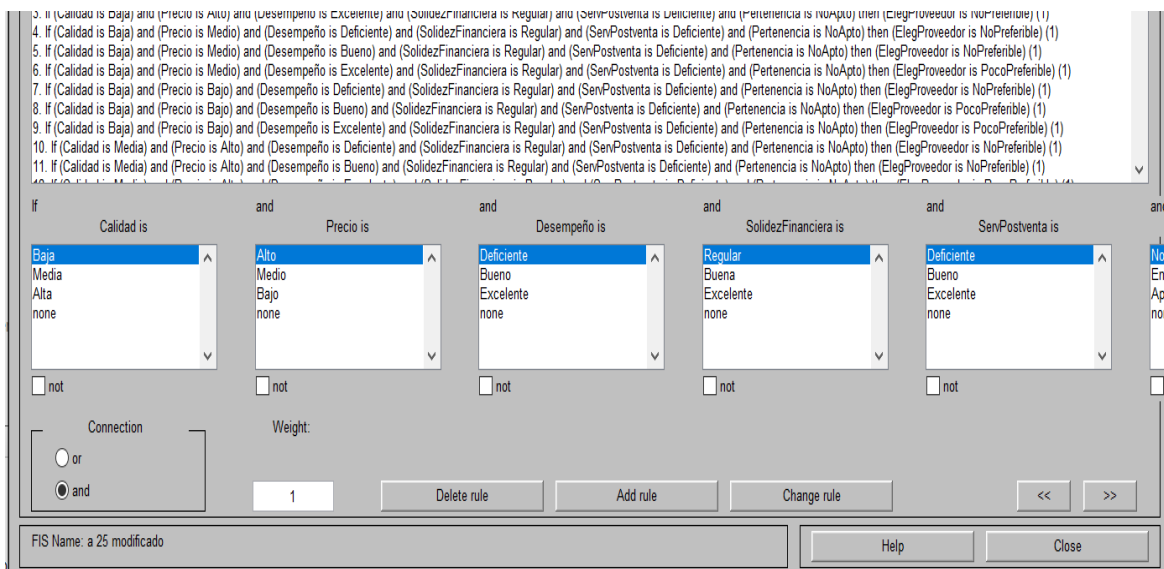


Figura 3: Reglas difusas (IF-THEN) cargadas dentro de Matlab

Tabla 5: Valoración asignada a cada proveedor en función de cada criterio de análisis.

Criterio	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3	PROVEEDOR 4
Calidad	4.0	5.0	1.0	5.0
Precio	3.5	5.0	2.0	5.0
Desempeño	3.0	4.0	5.0	3,5
Solidez financiera	5.0	5.0	3,5	4.0
Servicio postventa	5.0	5.0	4.0	3.0
Pertenencia	2.0	4.5	3.0	1.0
PREF	2.87	4.42	2.48	3.52

De esta forma, estableciendo un orden de preferencia y colocando la variable lingüística que se definió, la selección de proveedores debería seguirse como se observa en la Tabla 6 en donde el proveedor con mejores condiciones es el número 2; en este caso la variable lingüística asignada toma el valor de Muy Preferible por tener una calificación de 4.42. El resultado obtenido sigue la ponderación de criterios propuesta ya que como se observa, el proveedor 2 presenta las máximas calificaciones posibles en los criterios Calidad, Precio y Servicio Postventa; adicionalmente para los criterios de Desempeño y Pertenencia, la calificación es de 4 y 4,5 respectivamente.

Tabla 6: Orden de selección de los proveedores.

Orden	Proveedor	Variable Lingüística asociada
1º	PROVEEDOR 2	Muy Preferible
2º	PROVEEDOR 4	Preferible
3º	PROVEEDOR 1	Poco Preferible
4º	PROVEEDOR 3	Poco Preferible

Además del valor final que toma la variable de salida Preferibilidad del Proveedor, con el software es posible analizar las superficies de respuestas del modelo. A partir de las mismas se puede realizar una comparación de a pares, asignando un valor arbitrario a los criterios que no serán comparados. Con esto analizan seis casos, como se observa en la Figura 4.

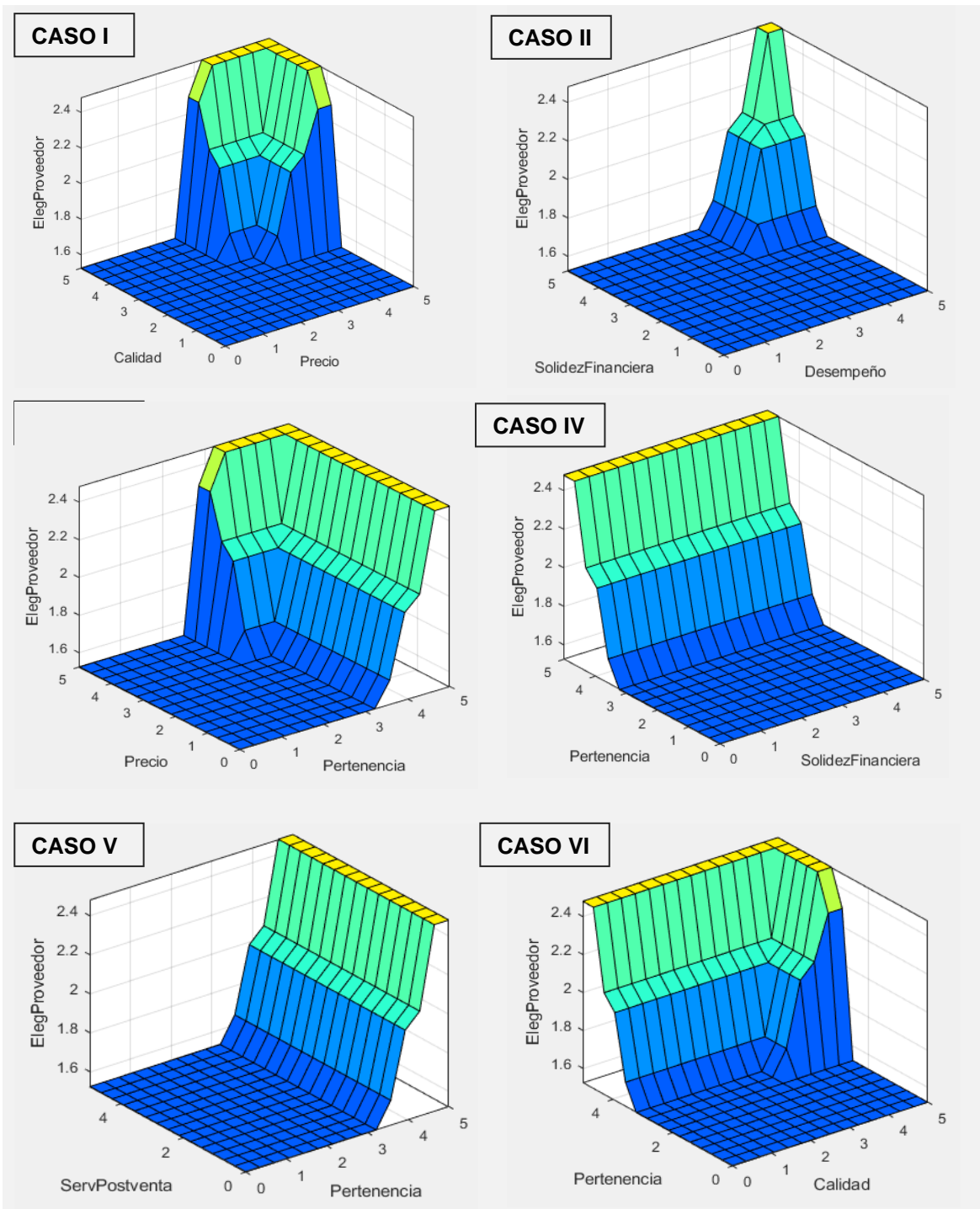


Figura 4: Superficies de respuesta del modelo de selección de proveedores propuesto. (Los colores visualizados son asignados por el propio software, y sirven para una mejor interpretación de los resultados.) De la Figura 4, se pueden analizar los valores “ideales” que deberá tener un proveedor para garantizar una máxima calificación en la variable de salida. En el caso I, se analizan los criterios Precio y Calidad, de allí se observa que a partir de una calificación de 2,5 (o superior) para ambos criterios, se obtiene el máximo valor posible de la variable de salida (coloreado con amarillo). En el caso II, se comparan los criterios Desempeño y Solidez Financiera, en donde solo un valor máximo en los atributos garantiza obtener el máximo valor posible a la salida. En el caso III, donde se comparan los criterios Precio y Pertenencia, se observa que para calificaciones del precio de entre 0 y 4,5, solo una calificación máxima en el criterio pertenencia, resultará en un máximo valor de la variable de salida; mientras que una calificación del precio superior a 4,5, permitirá que incluso con una valoración de 2,5 (o superior) de la pertenencia, se obtenga el máximo valor posible de la variable de salida. Para el caso IV, en donde se comparan los criterios Solidez Financiera y Pertenencia, se observa que independiente de la calificación asignada al proveedor con respecto a la solidez financiera, sólo una valoración superior a 4,5 en pertenencia, permitirá que se obtenga el máximo valor posible de la variable de salida. En el caso V, en donde se comparan los criterios Servicio Postventa y Pertenencia, se observa una similitud con respecto a la superficie de respuesta del caso IV; aquí independiente de la calificación que se tenga en el servicio posventa, solo una valoración de 4,5 para pertenencia, permitirá que el proveedor obtenga el máximo valor para la

variable salida. Finalmente, para el caso VI, en donde se analizan los criterios Pertenencia y Calidad, se observa cierta similitud de la superficie con respecto al caso III; aquí el máximo valor posible de la variable de salida, se observa para los casos en los cuales la calidad tiene una calificación de 0 hasta 4,5 y pertenencia 4,5 o superior. Adicionalmente la calificación de pertenencia podría bajar hasta una calificación de 3 siempre y cuando el valor de calidad sea de 4,5 o superior.

La pequeña diferencia de importancia en el criterio Pertenencia, hace de este un aspecto a tener en consideración ya que de la Figura 4 se observa que obtener la máxima valoración de la variable de salida, se logra con una calificación superior a 4,5 aun ante diferentes valores de los criterios Precio, Calidad y Solidez Financiera.

Finalmente, como resultado del modelo se podrían obtener, ante diferentes proveedores con calificaciones similares, un valor de salida muy cercanos o incluso iguales. Ante estos escenarios, el tomador de decisiones podría seleccionar el proveedor con una calificación superior (incluso con valores que se diferencien en los decimales) ya que de esta forma se estaría asegurando la selección del mejor proveedor para las condiciones dadas. Adicionalmente, si ocurriese que 2 o más proveedores obtienen un resultado igual, la selección de uno de ellos dependerá de la experiencia del tomador de decisiones quien podrá adoptar un nuevo criterio para seleccionar al proveedor adecuado.

4. CONCLUSIONES

El modelo propuesto se ajusta a los criterios y ponderaciones propuestas. La incorporación del criterio Pertenencia, harían de este modelo una novedad para el sector y su ponderación junto a la de los restantes criterios podrían modificarse para ajustarse a las necesidades de cada empresa. La incorporación de criterios de selección provenientes del modelo SCOR, permiten que además de optimizar el proceso de selección, se logre una mejora en la cadena de suministro de la empresa. Por su lado, la aplicación de la lógica difusa ha permitido adoptar 729 condiciones lógicas que siguen el razonamiento humano al momento de tomar una decisión. Esto, junto a la selección de la función de membresía trapezoidal permitió fijar intervalos para los distintos valores que puede tomar cada criterio en función de las condiciones que presente cada proveedor en análisis. La aplicación de este modelo permite optimizar el proceso de toma de decisiones, lo que se relaciona con una mejora en la cadena de valor de la minería, y puntualmente en la minería del litio en el NOA. Finalmente, queda a futuro el análisis de sensibilidad del modelo, con respecto a las ponderaciones propuestas en este trabajo, como así también la incorporación de nuevos criterios que permitan al tomador de decisiones facilitar la selección de un proveedor aun en escenarios de incertidumbre y ambigüedad.

5. REFERENCIAS

- [1] Castello, Andrés; Kloster Marcelo. (2015) "Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo" CIECTI, CABA.
- [2] Comisión Chilena de Cobre (COCHILCO). (2009) "Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio". Disponible en: http://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF [Accedido el 5/05/2020].
- [3] Conciencia Minera. (2013). "El litio en Argentina". Disponible en: <http://www.concienciaminera.com.ar/2012/05/el-litio-en-argentina/> [Accedido el 2/07/2020].
- [4] Diario El Tribuno. (2016). "Construirán en Salta la planta de litio más grande del mundo". Disponible en: <http://www.tribuno.info/construiran-salta-la-planta-litio-mas-grande-del-mundo-n762319> [Accedido el 28/07/2020].
- [5] Huan, Samuel H.; Sheoran, Sunil K.; Wang, Ge. (2004) "A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model". *Supply Chain Manag.* 9, 23–29
- [6] Wang, Chia-Nan; Huang, Ying-Fang; Cheng, I-Fang; Van Thanh, Nguyen. (2018). "A Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach Using Hybrid SCOR Metrics, AHP, and TOPSIS for supplier evaluation and selection in the gas and oil industry". *Processes*. 6. 252.
- [7] Wang, Chia-Nan; Tsai, Hsiung-Tien; Ho, Thanh-Phong; Nguyen, Van-Thanh; Huang, Ying-Fang. (2020) "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Model for Supplier Evaluation and Selection for Oil Production Projects in Vietnam". *Processes*, 8, 134.
- [8] Derroncourt, Franck. (2013). "Introduction to fuzzy logic". *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267041266_Introduction_to_fuzzy_logic. [Accedido el 2/08/2020]
- [9] Hasan, Md Mahmudul; Shohag, Md Abu; Azeem, Abdullahil & Paul, Sanjoy. (2015). "Multiple criteria supplier selection: A fuzzy approach". *International Journal of Logistics Systems and Management*. 20, pp 429 - 446.
- [10] Mayor, Julián; Botero, Sergio; González-Ruiz, Juan David. (2016). "Modelo de decisión multicriterio difuso para la selección de contratistas en proyectos de infraestructura: caso Colombia". *Obras y Proyectos* 20, pp 56-74.

- [11] Duarte V, Oscar G. (1999) “Sistemas de lógica difusa. Fundamentos”. *Revista Ingeniería e Investigación* No. 42
- [12] Feltan, Corina; Caballero, Luis. (2016). “Principios de lógica difusa”. *Universidad Nacional de Misiones Facultad de Ingeniería*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328052443_Principios_de_logica_difusa [Accedido el: 12/08/2020]
- [13] Bai, Ying; Wang, Dali. (2006) “Fundamentals of Fuzzy Logic Control — Fuzzy Sets, Fuzzy Rules and Defuzzifications”. *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications. Advances in Industrial Control*. Springer, London.
- [14] Zadeh, Lotfi. (1965) “Fuzzy Sets. Information and Control”. *Año 8, N° 3, pp. 338-353*.
- [15] Shaw, Krishnendu; Shankar, Ravi; Yadav, Surendra y Thakur, Lakshman. (2012) “Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain”. *Expert Systems with Applications. Año 39, N° 9, p. 8182-8192*.
- [16] Gómez, Rodrigo A.; Cano, Jose A.; Campo, Emiro A. (2016) “Selección de proveedores en la minería de oro con lógica difusa”. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG) ISSN 1315-9984. Año 21. N° 75, pp 530 – 548*. Universidad del Zulia (LUZ).
- [17] Abdullah Nazim, Raja; Iskandar Yaacob, Raja A. (2017) “Criteria for Supplier Selection: An Application of AHP-SCOR Integrated Model (ASIM)”. *International Journal of Supply Chain. Vol. 6, No. 3*.
- [18] Abdullah Nazim, Raja; Yahya, Saadiah; Rozi Malim, Muhammad. (2015) “A new approach to supplier selection problem: An introduction of AHP-SCOR integrated model”. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. Volume: 3 Issue: 1 pp 338 – 34. ISSN: 2321-8169*
- [19] Lima Junior, Francisco R.; Carvalho, Giovanni. (2016). “A methodology based on fuzzy inference and SCOR® model for supplier performance evaluation”. *Gestão & Produção. 23. pp 515-534*.
- [20] Gómez Jaramillo, Sebastián. (2012). “Revisión del Uso de la Lógica Difusa Aplicada a Modelos de Puntuación Crediticia”. *Cuaderno Activa, 3(1), pp 37-44*.
- [21] Kumar, Darshan; Singh, Jagdev; Singh, Om y Seema. (2012) “A fuzzy logic based decision support system for evaluation of suppliers in supply chain management practices”. *Mathematical and Computer Modelling. Año 57, N° 11, pp. 2945-2960*.
- [22] Gobierno de Salta. (2020) “Trabajo articulado para incorporar más PyMES salteñas a la cadena de valor minera”. Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/trabajo-articulado-para-incorporar-mas-pymes-saltenias-a-la-cadena-de-valor-minera/70915> [Accedido el 2/07/2020]
- [23] MiningPress (2019) “Infraestructura minera: Qué dice la ley de Salta”. Disponible en: <http://miningpress.com/nota/322712/infraestructura-minera-que-dice-la-ley-de-salta> [Accedido el 15/03/2020]
- [24] Dirección Nacional del Sistema Argentino de Información Jurídica (SAIJ) (2019) “Ley de Promoción Minera”. Disponible en: <https://cutt.ly/rfphOIB> [Accedido el 12/05/2020]
- [25] Pablos Ortega, Alan; Villa Cerda, Marcos A.; Ávila Ortega, María del C. (2020). “Definición de metodología para selección de proveedores a través, de la lógica difusa para una empresa de la industria eléctrica en Monterrey, Nuevo León”. *Trascender, Contabilidad Y Gestión, 11, 62-88*.
- [26] Tabares-Urrea, Natalia; Ramírez-Flórez, Giselle; Osorio-Gómez, Juan C. (2020) “AHP difuso y TOPSIS para la selección de un proveedor 3PL considerando el riesgo operacional”. *Revista EIA, ISSN 1794-1237. Año XVII. Volumen 17. Edición N° 33. pp 1-17*
- [27] Arango, Martín; Cano, José; Álvarez, Karla. (2012) “Modelos de sistemas MRP cerrados integrando incertidumbre”. *Revista EIA. Año 18, N° 1, pp. 61-76*.

Metodología para la selección de intervenciones viarias para reducción de la velocidad en arterias urbanas

Imaz, Fernando^{(1)*}; Hurani, Raúl; Caprio, Sofía

Grupo Científico Estudio Transporte, Accidentología y Movilidad - CETRAM
Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Lavaisse 610 (3000) Santa Fe – cetram@frsf.utn.edu.ar
(1) imazfernando@gmail.com – fimaz@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

La actual urbanización en países como el nuestro representa grandes desafíos para los sistemas de transporte, si se pretenden satisfacer las necesidades de acceso y movilidad de sus habitantes, proporcionándoles un entorno sostenible, seguro y sano.

La población urbana sigue creciendo y para acompañar dicha expansión, se incrementa la capacidad de sus redes viales, a menudo a costa de la seguridad de los usuarios más vulnerables. Una de las medidas que adoptan los gobiernos locales para mitigar estas situaciones es la colocación de dispositivos como medida de control de la velocidad, tales como: reductores de velocidad o "lomos de burro", para inducir a los conductores a disminuir la velocidad de su vehículo. Muchas veces, los habitantes solicitan a las autoridades la intervención en intersecciones por medio de cartas con fotografías, material audiovisual, o registro de firmas en zonas donde ellos lo consideren pertinente. Las respuestas que reciben son subjetivas y muchas veces sin el adecuado sustento técnico.

Por lo tanto, es de vital importancia que la elección de las medidas de regulación de la velocidad en el tránsito sea precedida de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito.

El presente documento plantea entonces, el diseño de una metodología que colabore con las entidades gubernamentales para tomar decisiones acertadas en materia de elección de sistemas de regulación de velocidad de los vehículos en áreas urbanas.

Palabras Claves: Metodología – Regulación – Velocidad – Procedimiento – Planificación.

ABSTRACT

The current urbanization in countries like ours represents great challenges for transport systems, if they are to satisfy the access and mobility needs of their inhabitants, providing them with a sustainable, safe and healthy environment.

The urban population continues to grow and to accompany this expansion, the capacity of its road networks is increased, often at the expense of the safety of the most vulnerable users.

One of the measures that local governments adopt to mitigate these situations is the placement of devices as a speed control measure, such as: speed reducer or "donkey backs", to induce drivers to slow down vehicle.

Many times, the inhabitants request the authorities to intervene at intersections by means of letters with photographs, audiovisual material, or registration of signatures in areas where they consider it appropriate. The responses they receive are subjective and often without adequate technical support.

Therefore, it is vitally important that the choice of traffic speed regulation measures be preceded by a comprehensive study of the site and traffic conditions.

This document then proposes the design of a methodology that collaborates with government entities to make sound decisions regarding the choice of vehicle speed regulation systems in urban areas.

Keywords: Methodology - Regulation - Speed - Procedure - Planning

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación y Desarrollo – PID, denominado: Diseño de una metodología para la implementación de dispositivos de regulación de tránsito en calles urbanas, código: **TVUTIFE0005229TC**, aprobado por evaluadores externos a la UTN, desarrollado en el ámbito del CETRAM de la Facultad Regional Santa Fe de la UTN y dirigido por el Ing. Fernando Imaz.

El exceso de velocidad bien sea por velocidad excesiva (conducir por encima del límite de velocidad establecido) o por velocidad inapropiada (conducir demasiado rápido de acuerdo con las condiciones de la vía, pero dentro de los límites), está considerado casi de forma unánime como el mayor factor de riesgo de los siniestros viales. Por este motivo, las políticas y los programas de control de la velocidad tienen un papel clave en los esfuerzos para mejorar los indicadores de seguridad vial.

La velocidad inapropiada es el factor más importante que contribuye al problema de las lesiones en la vía pública que enfrentan muchos países. Cuanto más alta es la velocidad, mayor es la distancia requerida para poder frenar y, por lo tanto, mayor el riesgo de sufrir una colisión vehicular. Dado que durante un impacto de alta velocidad debe absorberse más energía cinética, hay un riesgo mayor de sufrir lesiones si llegara a producirse una colisión.

La Figura 1 muestra la distancia que recorre un vehículo en función de su velocidad antes de detenerse por una frenada de emergencia, considerando que el vehículo se encuentra en condiciones mecánicas adecuadas para producir el frenado.

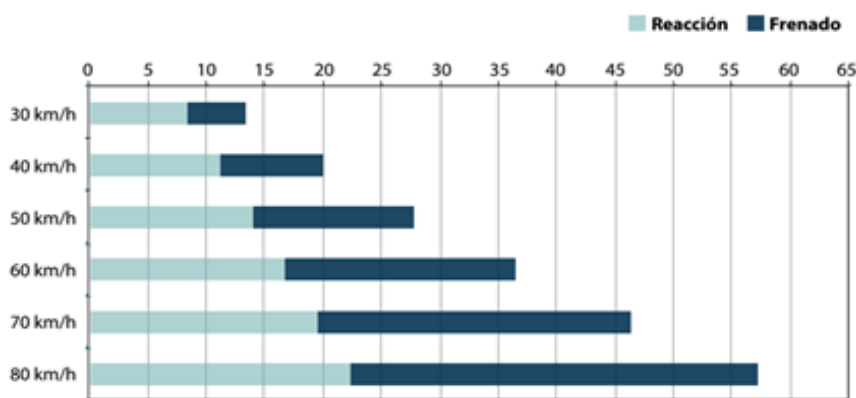


Figura 1 - Distancia que recorre un vehículo en función de la velocidad.
Fuente *La velocidad y los siniestros viales* - OMS OPS [1]

Por otra parte, en la Figura 2 se puede observar cómo aumenta considerablemente la posibilidad de lesión de un peatón a partir de los 30 km/h de velocidad de circulación del vehículo que lo impacta.

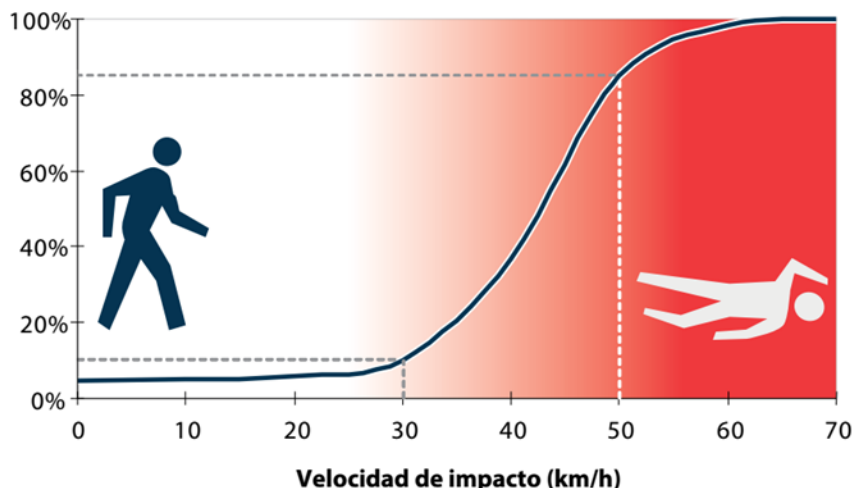


Figura 2 - Posibilidad de lesión para un peatón que colisiona con un vehículo.
Fuente: *OECD/ECMT Transport Research Centre: Speed Management report, París 2006* (disponible en inglés y en español) [2]

El control de la velocidad de los conductores involucra una amplia gama de medidas, incluyendo establecer y hacer cumplir los límites de velocidad, las medidas de ingeniería designadas para reducir la velocidad, y las campañas de educación pública y concientización. Muchos países también requieren la instalación de limitadores de velocidad en vehículos como autobuses y camiones.

Actualmente existe una vasta biblioteca de información disponible sobre el tema del control de la velocidad, por lo que la pregunta de “¿qué hacer y adónde?” puede ser abrumadora.

Un Informe mundial sobre la prevención de lesiones causadas por el tránsito, lanzado conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial [3], identificó mejoras en el control de la seguridad vial que han hecho decrecer las defunciones y lesiones por colisiones vehiculares en países industrializados que han tomado una actitud activa en materia de seguridad vial. El informe afirma que el uso de cinturones de seguridad, cascos y sillas de coche para niños, la introducción y vigilancia y control de límites de velocidad apropiados, la creación de una infraestructura más segura, el control y la vigilancia de los límites de concentración de alcohol en sangre y las mejoras en seguridad vehicular, son todas intervenciones que han sido comprobadas y han mostrado repetidamente ser efectivas para salvar miles de vidas.

En las zonas urbanas, los usuarios más vulnerables comparten el mismo espacio con vehículos potentes y pesados, por lo que los límites de velocidad en esas zonas no deben superar los 50 km/h, tal y como reconocen los consensos internacionales de buenas prácticas.

Las leyes sobre los límites de velocidad deben ir acompañados de un cumplimiento estricto para que sean eficaces y permitan salvar vidas. Una segunda recomendación de buenas prácticas sobre los límites de velocidad es que las autoridades locales intervengan en la reducción de los límites nacionales de velocidad, y que estos se controlen a nivel local en las zonas urbanas.

El control de la velocidad abarca una variedad de medidas cuyo objetivo es alcanzar un equilibrio entre la seguridad y la eficiencia en los desplazamientos de los vehículos en una red vial. El enfoque de “sistema seguro” para la seguridad vial garantiza que, en una colisión, la energía del impacto se mantiene por debajo del umbral de probabilidad para causar la muerte o lesiones graves. No obstante, va más allá de establecer los límites de velocidad, ya que también se tiene en cuenta la gestión de las interacciones entre el vehículo, el medio ambiente, la infraestructura y la vulnerabilidad física de las personas.

El control de la velocidad es una pieza central de un sistema seguro que, además de establecer la vigilancia y el control de los límites de velocidad apropiados, también busca convencer a los conductores de elegir velocidades adecuadas para cada circunstancia mediante la educación y la publicidad. Junto a estas medidas, se recomienda igualmente el uso selectivo de las intervenciones de ingeniería en las vías.

Hay un conjunto de intervenciones que se han identificado como eficaces para el control de la velocidad.

En este marco, el presente trabajo apunta a identificar una metodología que ayude a las administraciones urbanas a tomar decisiones sobre el tipo de intervención óptimo que se debe aplicar en una calle urbana para lograr la reducción de la velocidad de los vehículos, es decir que se focalizará en el control de la velocidad

2. ANTECEDENTES.

La “Guía para la movilidad urbana de segura” del Departamento de Seguridad del Gobierno Vasco – Bitaka [4], establece a modo de introducción, un modelo para el diseño de una metodología que defina el tipo de intervención para reducir la velocidad en una vía urbana, el cual debería incluir los siguientes aspectos:

1. Identificación de la problemática a resolver.
2. Análisis de antecedentes: catálogo de intervenciones urbanas - registros de accidentes de tránsito - evaluación de la normativa vigente (velocidad máxima) - tecnología disponible.
3. Trabajos de campo que incluyan: caracterización de la vía - actualización del volumen de tránsito - medición de velocidades - condiciones geométricas de la vía - visibilidad - señalización existente - usos existentes en la zona de intervención.
4. Selección de las posibles soluciones. Evaluación de las características de cada una. Elección de la mejor alternativa.

2.1 Problemáticas encontradas en arterias urbanas.

En las calles de las ciudades se pueden identificar numerosos conflictos ocasionados por la circulación de vehículos.

La creciente movilidad urbana acompañada por la masiva utilización del vehículo particular genera inconvenientes comunes a todas las ciudades, entre las que se pueden destacar las siguientes:

2.1.1 Exceso de velocidad e inseguridad vial.

Es el problema que más se repite en todas las ciudades y es una de las causas principales de muchos de los accidentes de tránsito. El exceso de velocidad es uno de los factores que se intenta controlar, debido a la coexistencia de diferentes grupos de usuarios de la vía pública con características de movilidad diferentes como son los peatones, los ciclistas y los automovilistas.

Claramente el peatón es, de todos los elementos que intervienen en el problema, el más débil, ya que no cuenta con ninguna protección física, y en este análisis, los adultos mayores y los niños, son los dos grupos de personas de más alto riesgo en los accidentes de circulación peatonal. Los

ciclistas y motociclistas también se incluyen entre los usuarios vulnerables, ya que en caso de una colisión la energía liberada en el accidente es absorbida íntegramente por el ocupante del vehículo liviano.

2.1.2 Intersecciones peligrosas.

En este aspecto hay que analizar la demanda (cantidad y variedad de vehículos que acceden a la intersección por unidad de tiempo), la seguridad, los tiempos de espera, la situación geográfica donde se asienta la misma y el comportamiento que los usuarios tienen en ella. Muchas veces es difícil determinar qué tipo de intervención es mejor en cada situación, pues pueden existir varias alternativas. Si la intervención por la que se ha optado no es la más adecuada puede aumentar el riesgo de accidente de tráfico.

2.1.3 Problemas con vehículos estacionados.

Los vehículos estacionados o los que van a ingresar o salir de una playa de estacionamiento contribuyen a un número elevado de los accidentes de tráfico. Por esa razón, los estacionamientos fuera de la vía con puntos de entrada y salida claramente definidos crean condiciones más seguras, aumentando visibilidad de los peatones y reduciendo conflictos entre vehículos en movimiento y estacionados. El uso racional de las regulaciones de estacionamiento también contribuye a mantener las vías importantes despejadas para el tráfico en movimiento aumentando su capacidad y seguridad vial.

2.1.4 Condiciones de visibilidad deficientes.

El adecuado grado de visibilidad dentro de una carretera es fundamental para que sea vialmente segura. Las intersecciones deben ser claramente visibles por los conductores que se aproximan; aquí debe mencionarse la habitual existencia de coches estacionados, árboles o contenedores demasiado cerca de las esquinas y que muy a menudo dificultan la visibilidad en el cruce. Las señalizaciones de advertencia y la iluminación son elementos que pueden contribuir a una operación segura en las intersecciones y están relacionadas con las consideraciones de visibilidad. Esto es especialmente importante por la noche donde la visibilidad puede aumentar notablemente con el uso de demarcaciones y signos reflectantes.

2.1.5 Falta de concienciación social.

De acuerdo con la “Guía de competencias de educación para la Movilidad Segura” del Departamento de Interior del Gobierno Vasco [4], corresponde a la Administración impulsar estrategias, coordinar a organismos y agentes sociales, así como dinamizar distintas acciones dirigidas a mejorar la seguridad de todos los usuarios de las vías.

Es necesario un cambio en la conciencia vial y de seguridad vial que permita a la población reflexionar acerca de su conducta. Este cambio solo puede realizarse a través de un cambio de cultura vial, lo que implica incidir en la educación y en la formación vial, incidir en definitiva en el factor humano, factor que está presente como causa directa en la mayoría de los accidentes de tráfico.

2.1.6 Indisciplina viaria.

Se sabe que las infracciones son causa primordial de accidentes, y que conducir bajo las influencias del alcohol o las drogas, saltarse un stop o estacionar en doble fila contribuye a producir víctimas. La tolerancia cero con relación a estas conductas de riesgo se justifica en la responsabilidad de todos los ciudadanos de cumplir con los preceptos derivados de las ordenanzas municipales y las normas sobre tráfico y circulación de vehículos a motor y seguridad. Si bien la gestión de esta demanda con la imposición en su caso de sanciones económicas es compleja y, a veces, incomprendida por el ciudadano, es necesaria si queremos lograr un municipio seguro.

2.2. Soluciones aplicadas a los problemas detectados.

Cada uno de los problemas citados en el punto anterior se puede abordar de distintas maneras, tanto desde el punto de vista del diseño y construcción de la infraestructura, la señalización y la vigilancia y el control. En algún caso una sola medida puede erradicar definitivamente el problema, pero lo más habitual será que sea necesario aplicar un conjunto de medidas que sean complementarias entre sí.

Los tipos de medidas adoptadas se resumen en la siguiente lista:

Generales:

- Educación vial.
- Campañas preventivas.
- Control de alcohol y drogas.
- Control de Estacionamiento.
- Gestión del Tránsito.
- Iluminación y señalización luminosa de los pasos de peatones.

- Señalización vial.
- Particulares:
 - Instalación de semáforos, rotondas, mini rotondas.
 - Estrechamiento de carriles.
 - Reguladores de velocidad por intervención en la vía: bandas sonoras, despertadores, lomos de burro, almohadas, tortugas, diferentes pavimentos (textura y/o color).
 - Sendas peatonales, pasarelas peatonales, pasos bajo nivel, orejas, pasos sobreelevados.
 - Carriles para bicicletas, bisisendas.
 - Carriles exclusivos de autobús.

El presente artículo se focalizará en las medidas tendientes a regular la velocidad por intervención en la vía.

Por otra parte, respecto al exceso de velocidad e inseguridad vial y las intersecciones peligrosas, la Tabla 1 presenta un abanico de posibilidades de intervención en función de diversos tipos de colisiones y ubicaciones de las áreas conflictivas.

Tabla 1 - Herramientas de prevención de accidentes viales

Ubicación	Tipo de colisión	Variedad indicativa de herramientas que podrían utilizarse
Urbano, por atropello alcance.	Colisiones vehiculares mortales que involucran a peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública (ciclistas, motociclistas).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir los límites de velocidad para alcanzar niveles del sistema seguros (30 km/h para evitar muertes). 2. Vigilancia y control de esos límites y sanciones efectivas. 3. Tratamientos de ingeniería: <ul style="list-style-type: none"> • Cruces peatonales bien marcados y señalizados. • Reductores de velocidad en los cruces peatonales. • Tratamientos en los accesos en las entradas de lugares con gran afluencia de gente (escuelas, centros comerciales, hospitales). • Refugios para peatones en el centro de vías con múltiples carriles. • Construcción de bisisendas o ciclovías.
Urbano, intersecciones.	Colisiones mortales entre vehículos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de los límites de velocidad en las zonas de aproximación a las intersecciones. 2. Vigilancia y control de esos límites. 3. Tratamientos de ingeniería: <ul style="list-style-type: none"> • Reductores de velocidad en los accesos a las intersecciones • Rotondas • Semáforos • Señales y marcaciones de señalización de paso y de detención

Fuente: *Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones y profesionales.* Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial (GRSF por sus siglas en inglés), 2008 [5]

2.3 Moderación del tránsito: bandas sonoras o reductores de velocidad.

En este apartado se analiza las particularidades de la "Instalación de bandas sonoras o reductores de velocidad", ya que es un aspecto conflictivo por la diversidad de implementaciones que hay.

La moderación del tránsito es un término que se utiliza para identificar a medidas de ingeniería diseñadas para reducir la velocidad de los vehículos, y a veces el flujo vehicular, en beneficio de la seguridad de los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas).

En algunos países como el Reino Unido, Holanda y Dinamarca (pioneros en estos trabajos) comenzaron a usar bandas sonoras (sonorizadores) para alertar a los conductores sobre la necesidad de bajar la velocidad de sus vehículos. Estas variaciones verticales en el pavimento son más conocidas como "reductores de velocidad".

Si bien las estructuras elevadas en las vías urbanas utilizadas como los reductores de velocidad son efectivas, pueden existir opciones menos "violentas" para los automovilistas, tales como secciones de materiales elevados de menor altura que emiten señales auditivas y táctiles cuando los conductores las atraviesan, llamando la atención del conductor cuando el vehículo se acerca a una intersección para disminuir la velocidad. Se las denominan "bandas sonoras", "bandas rugosas" o despertadores.

Lamentablemente, la implementación de dichas medidas no se complementa con el monitoreo posterior con respecto a si se reducen la velocidad y los accidentes, y en qué porcentaje, aspecto que se analizará más adelante.

A continuación, en la Figura 3 se muestran algunos ejemplos de dichas intervenciones existentes en las ciudades de Argentina.

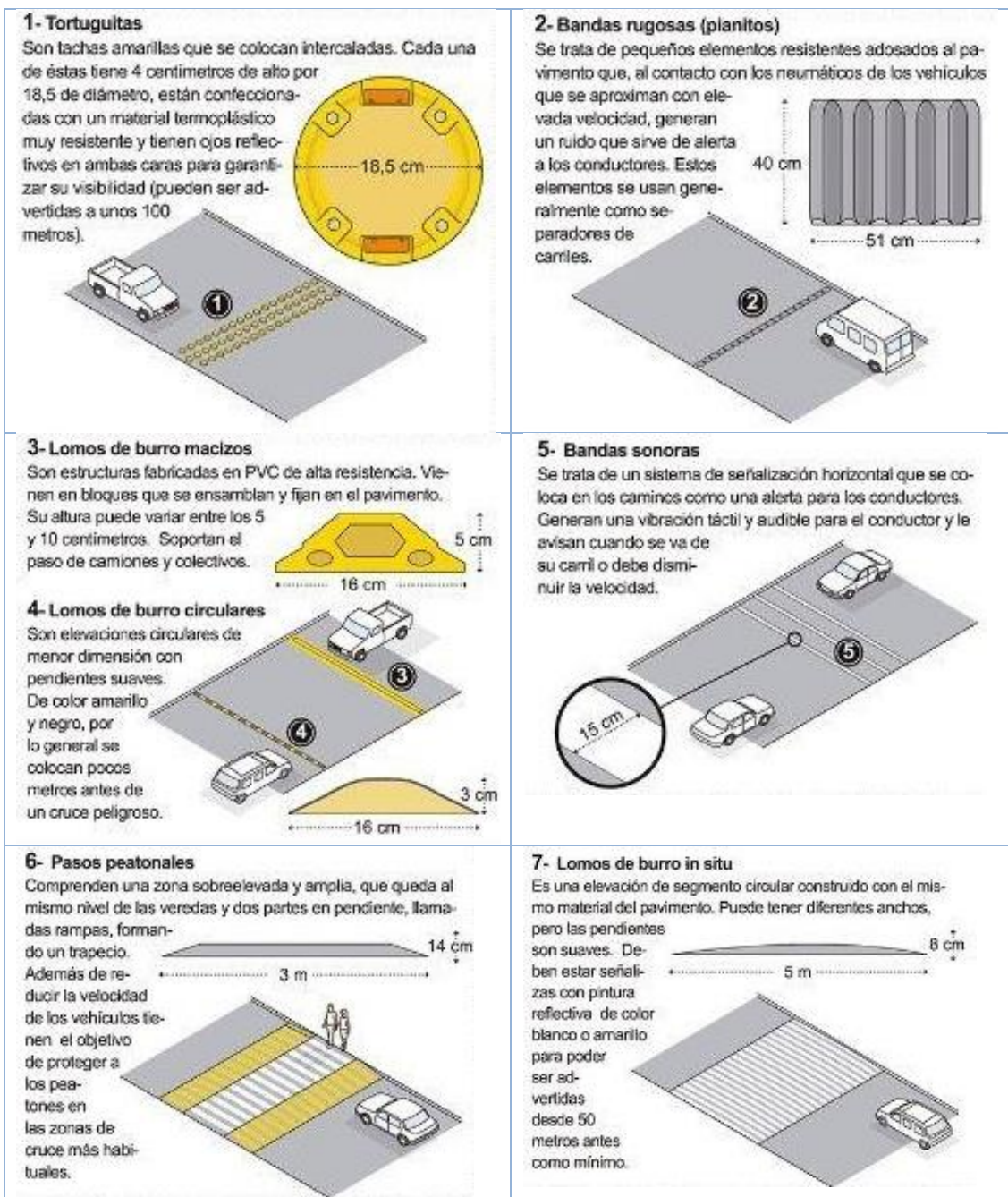


Figura 3 - Bandas sonoras y reductores de velocidad en Argentina

Fuente: NUVA Listado de Productos para la Seguridad Vial [6]

Las bandas sonoras y las bandas rugosas tienen alrededor de 15-25 mm de alto y están hechas de material termoplástico o concreto. Usualmente se encuentran dispuestas siguiendo un patrón, generalmente en 3 grupos de 4 o 5 franjas. A veces se modifican el ancho de la banda y el espacio (dentro del grupo y entre grupos) para hacer que el “sonido” sea más notable si el conductor no desacelera, pero no hay evidencia de que esto produzca algún efecto. A pesar de que las bandas sonoras están diseñadas solamente para alertar a los conductores, se espera que también los obliguen a desacelerar. La observación muestra que una minoría de conductores desacelera, pero la mayoría de los conductores se dan cuenta de que mientras más rápido las crucen, menor serán el “sonido” y las molestias que experimenten. Las bandas se desgastan gradualmente y necesitan ser readecuadas cada aproximadamente un año. Como conclusión se puede afirmar que no son muy útiles por sí solas, pero sí como una advertencia de rampas de velocidad u otros peligros graves.

En cuanto a las tortuguitas, normalmente tienen 40 mm de alto y 185 mm de diámetro. Están hechos de PVC y tienen colores reflexivos para hacerlos más visibles. Las observaciones sugieren que pueden causar riesgos para los ciclistas o motociclistas si los conductores tratan de evitarlos en forma de zig zag. La conclusión es que, si bien son útiles ya que cumplen satisfactoriamente con su misión, resultan riesgosos para vehículos livianos.

Los reductores de velocidad pequeños prefabricados tienen la parte superior redondeada y están confeccionados con caucho reciclado o PVC. Tienen aproximadamente 50 a 100 mm de alto y 160 mm de ancho. Están atornillados a la carretera. Las observaciones muestran que son bastante efectivos para reducir las velocidades. Las molestias y el desgaste del vehículo no parecen ser excesivos. Sin embargo, a veces se han soltado secciones del reductor de velocidad que requieren ser vueltas a colocar. La conclusión es que, si bien se desempeñan bien, tienen problemas de mantenimiento que pueden complicar su uso masivo.

Finalmente, los pasos peatonales o lomos de burro son montículos con la parte superior redondeada, de entre 80 y 140 mm de alto y 3 a 5 m de ancho. Están hechos de asfalto. En algunos lugares están preanunciados por bandas sonoras que actúan como una advertencia. Las observaciones muestran que los reductores de velocidad son efectivos para reducir las velocidades. Las molestias y el riesgo de desgaste de los vehículos no parecen ser de gran importancia. Por tal motivo, representan una buena opción como medida de moderación del tránsito para pueblos en carreteras principales y son potencialmente útil para la reducción de la velocidad en arterias urbanas.

3. METODOLOGÍA PROPUESTA

La Ordenanza 10017 de la ciudad de Santa Fe define el Reglamento General de Tránsito de la Municipalidad de Santa Fe, el cual en uno de sus capítulos delimita las construcciones especiales en la vía pública.

En particular, el artículo 96 establece que “en las cercanías de establecimientos educativos, estadios deportivos, templos y cualquier lugar donde se produzcan aglomeraciones de personas en forma diaria y en cruces viales, ferroviarios o peatonales que por sus características generen riesgos para las cosas y/o personas, se podrán construir reductores de velocidad”, clasificando éstos entre “comunes” que incluye: despertadores, pianitos, sendas peatonales o elementos prefabricados y “excepcionales”: lomos de burro. A estos últimos, se establece que se deben colocar una vez agotados otros medios de carácter preventivo.

Luego define características generales de las intervenciones en la vía pública, tales como: diseño, ubicación, dimensiones, y señalización pero no establece los criterios para colocar cada uno.

Por otra parte, el Manual MAPFRE de Identificación de problemas de seguridad vial en travesías, plantea en su Capítulo 6 los problemas generados por los excesos de velocidad. Para este problema plantea las siguientes posibles soluciones: estrechamiento de carriles, zig-zag, franjas transversales de alerta, lomos, almohadas, diferente textura o color del pavimento, minigloriguetas y combinación de medidas.

Además describe los conflictos entre distintos usuarios de la vía pública: vehículos motorizados con peatones, vehículos motorizados con bicicletas.

Si bien en los documentos estudiados se muestra un abanico de opciones a utilizar, no se establece una metodología para seleccionar las mismas dejando esta tarea a criterio del personal del municipio, y muchas veces adoptando alternativas diferentes ante situaciones similares.

Ante este contexto, se tomó como referencia la metodología propuesta por la “Guía para la movilidad urbana de segura” del Departamento de Seguridad del Gobierno Vasco - Bitaka (2013) [4], adaptándola y planteando la siguiente secuencia de trabajo:

1. Identificación de la problemática a resolver.
2. Análisis de antecedentes: catálogo de intervenciones urbanas, registros de accidentes de tránsito.
3. Trabajos de campo que incluyan: caracterización de la vía, volumen de tránsito, medición de velocidades, condiciones geométricas de la vía, visibilidad, señalización existente.
4. Evaluación de la normativa vigente (velocidad máxima), selección de la velocidad límite.
5. Identificación, evaluación y selección de la solución, comparando las características de cada una.
6. Implementación y evaluación posterior para verificar los resultados.

3.1 Resolución

A partir de la metodología anteriormente propuesta se analizan cada uno de los puntos definidos en el apartado anterior.

3.1.1 Identificación de la problemática. Análisis de antecedentes. Trabajos de campo.

Se interpreta que la problemática a resolver es la velocidad excesiva en algunas arterias urbanas lo que provocan riesgos de accidentes, en particular con usuarios vulnerables como ser los peatones o ciclistas.

Para comenzar el estudio se deberá realizar un relevamiento de las intervenciones existentes en la zona o ciudad que se está analizando y se contabilizarán los accidentes ocurridos en el lugar durante un determinado período de tiempo.

Además, se debe relevar si se realizan controles periódicos y si se han labrado actas de infracción por exceso de velocidad.

Para comenzar, el estudio de la vía pública y su entorno incluye analizar el comportamiento de las personas que se encuentran cerca de la vía, de manera que se pueda realizar una evaluación completa de los riesgos de lesiones relacionadas con la velocidad.

Por otro lado, se debe estudiar cual es el uso del suelo en el sector de análisis y como evolucionó el mismo con el paso del tiempo, y si existe algún plan futuro.

Con relación a la vía o intersección propiamente dicha se plantea relevar la siguiente información:

- Volumen y composición vehicular
- Presencia de vehículos pesados
- Mal uso de carriles
- Velocidades promedio de circulación libre y porcentaje de vehículos que superan el límite de velocidad
- Contabilización y registro de incidentes y accidentes discriminando entre automotores, ciclistas y peatones
- Incumplimiento de normas (no respeto de semáforos, estacionamiento incorrecto, peatones cruzan fuera de sendas, etc.)
- Evaluación de la visibilidad diurna y nocturna en la intersección
- Presencia de centro de atracción de usuarios vulnerables (escuela, hospital, etc.)
- Medida de las veredas/Capacidad de veredas
- Dificultad para cruzar (tiempo de semáforos, presencia/ausencia de refugios)
- Señalización existente en el lugar.

3.1.2 Normativa Vigente

Ley Nacional de Tránsito N° 24.449 [7]

Esta ley regula el uso de la vía pública, y se aplica a la circulación de personas, y vehículos terrestres en la vía pública, y a las actividades vinculadas a esto. Las autoridades de aplicación son los organismos nacionales, provinciales, municipales y de la Ciudad de Buenos Aires que determinen las respectivas jurisdicciones que adhieran a la ley (Ley N° 24.449, 1995, Artículo 2).

Respecto a la vía pública, especifica que: *“Toda obra o dispositivo que se ejecute, instale o esté destinado a surtir efecto en la vía pública, debe ajustarse a las normas básicas de seguridad vial, dependiendo a la diferenciación de vías para cada tipo de tránsito (...) Cuando la infraestructura no pueda adaptarse a las necesidades de la circulación, ésta deberá desenvolverse en las condiciones de seguridad preventiva que imponen las circunstancias actuales.”* (Ley N° 24.449, 1995, Artículo 21).

Respecto a la señalización establece que: *“La vía pública será señalizada y demarcada conforme el sistema uniforme que se reglamente de acuerdo con los convenios internos y externos vigentes. Sólo son exigibles al usuario las reglas de circulación, expresadas a través de las señales, símbolos y marcas del sistema uniforme de señalamiento vial.”* (Ley N° 24.449, 1995, Artículo 22). Este sistema de señalamiento se encuentra desarrollado en el ANEXO L de la ley.

Respecto a “Construcciones permanentes o transitorias en zona de camino”, la ley especifica que *“Toda construcción a erigirse dentro de la zona de camino debe contar con la autorización previa del ente vial competente. Siempre que no constituya obstáculo o peligro para la normal fluidez del tránsito, se autorizarán construcciones permanentes en la zona de camino, con las medidas de seguridad para el usuario, a los siguientes fines: (...) b) Obras básicas para la infraestructura vial...”* (Ley N° 24.449, 1995, Artículo 27).

3.1.3 Selección del Límite de Velocidad.

La elección del límite de velocidad es un indicador decisivo de la velocidad segura para ese tramo de la arteria urbana. La responsabilidad de la elección corresponde a la autoridad de aplicación (Municipio) encargada de establecer dicho límite.

Los límites de velocidad deben reflejar un equilibrio apropiado entre la seguridad y la movilidad. Muchos países establecen límites para un determinado tramo de carretera de acuerdo con una variedad de criterios, incluyendo las características de la misma, los registros de colisiones vehiculares y las velocidades libres medidas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, si la diferencia entre el límite de velocidad y la velocidad promedio del flujo de tránsito es grande, el límite carecerá de credibilidad y será difícil de imponer.

Las pautas para establecer límites se pueden obtener de la aplicación de los principios del “Sistema seguro”. Es importante considerarlos cuando se establece un límite de velocidad apropiado. La propuesta recomienda los siguientes límites de velocidad en función del emplazamiento y de las personas damnificadas:

- Existencia de usuarios vulnerables en el tramo de la vía. Dichos usuarios no deberían estar expuestos a vehículos motorizados que transiten a velocidades que excedan los 25 km/h
- Los ocupantes de un automóvil no deben estar expuestos a otros vehículos motorizados en intersecciones donde las colisiones de impacto lateral y en ángulo recto sean probables a velocidades que excedan los 40 km/h.
- Los ocupantes del automóvil no deben estar expuestos al tránsito que venga en sentido opuesto, donde su velocidad exceda los 50 km/h, y donde no haya divisiones entre las circulaciones opuestas.

Ordenanza de la ciudad de Santa Fe N° 10017 [8]

La Ordenanza tiene como propósito lograr la seguridad en el tránsito y la disminución de daños a personas y bienes, dando fluidez al tránsito con el máximo aprovechamiento y correcto uso de las vías de circulación, planteando también la disminución de la contaminación del medio ambiente. En el Capítulo II – Reglas de velocidad define criterios de velocidades máximas y mínimas en distintos sectores, planteando como velocidades máximas 60 km/h en Avenidas y 40 km/h en calles. Así mismo define como velocidad precautoria los 20 km/h para encrucijadas urbanas sin semáforos o proximidades de establecimientos escolares o de gran afluencia de personas.

La estructura vial de la ciudad de Santa Fe se puede resumir en la tabla 2.

Tabla 2 – Estructura vial de la ciudad de Santa Fe

Tipo de vía	Direcciones	Carriles	Flujo vehicular	Vel. Max (Km/h)	Ancho (m)
Avenidas	2	2 por mano o +	Alto	60	13 a 20
Calles Principales	1	2 o +	Medio	40	9 a 13
Calles Secundarias	1	2	Bajo	40	5 a 10

Fuente: <http://www.santafeciudad.gov.ar/media/files/10017%20-REGLAMENTO%20GRAL%20DE%20TRANSITO.pdf>

3.1.4 Evaluación y selección de reductores de velocidad.

Para la elección del sistema de reducción de velocidad se propone utilizar una Matriz de Selección. La matriz de criterios ponderados es una herramienta cualitativa que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios.

Metodología: en una primera instancia se debe identificar el tipo de ámbito donde se debe controlar la velocidad, pudiendo encontrarse dos escenarios diferentes. El primero corresponde a intersecciones entre calles pudiendo encontrarse 6 alternativas: 1) Avenida y Avenida; 2) Avenida y calle principal; 3) Avenida y calle secundaria; 4) Calle principal y calle principal; 5) Calle principal y calle secundaria y 6) Calle secundaria y calle secundaria.

Mientras tanto el segundo escenario responde a la reducción de velocidad por la existencia de un establecimiento educativo, hospital o lugar de gran afluencia de personas.

Posteriormente se definen las alternativas analizadas previamente, clasificadas en función a la interacción con el tránsito pasante: a) Señalización, b) Bandas Rugosas, c) Bandas Sonoras, d) Tortuguitas, e) Lomos de burro y f) Pasos peatonales.

Una primera aproximación a la elección surge de la Figura 4 que define la importancia de la intervención en función de las velocidades permitidas en las vías y la velocidad excedente (la velocidad que supera el máximo permitido) de la vía que se pretende controlar.

Una clasificación podría incluir como importancia alta a: Lomos de burro y pasos peatonales, importancia media; bandas sonoras, tortuguitas y lomos de burro e importancia baja: señalización, bandas rugosas o bandas sonoras.

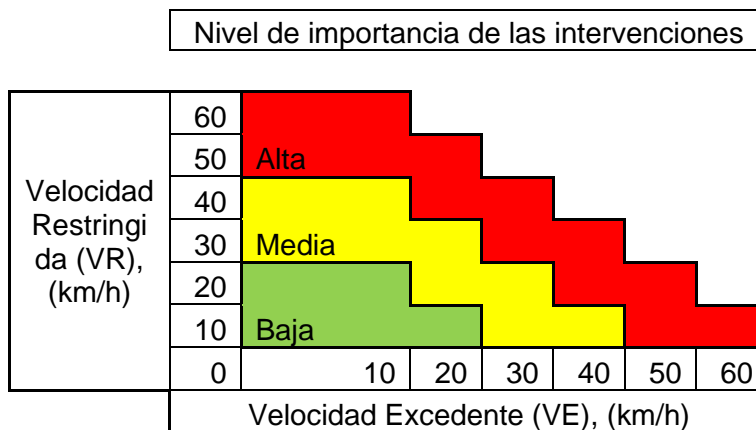


Figura 4 – Nivel de importancia de la intervención en función de las velocidades.

Fuente: Elaboración propia

Una vez predefinidas las opciones se pasa a la Matriz de Selección.

Para la confección de la matriz se plantean cuatro criterios de selección: 1) Eficiencia de la reducción, 2) Efectos que produce sobre el tránsito, 3) Costo de la intervención, y 4) Consecuencia sobre los vehículos.

La valoración de los criterios es subjetiva en función de la información de base que se determina en el punto 3 de la Metodología.

A continuación, se describen los criterios elegidos.

1. Necesidad de eficiencia de la alternativa (1: Baja - 2: Media - Alta:3)

Este aspecto es uno de los más importantes y para valorarlo deben analizarse aspectos evaluados en el trabajo de campo, tales como la composición vehicular, la diferencia entre velocidad medida y velocidad límite de diseño (si es necesario reducir mucho o poco la velocidad medida), la presencia de usuarios vulnerables (peatones y ciclistas), la existencia de infracciones de superación de la velocidad, la visibilidad, señalización. El criterio por utilizar es que, a mayor cantidad de aspectos negativos respecto a la seguridad vial, más rigurosa será la intervención, y en este caso se debería puntuar con un valor más alto.

2. Efectos sobre el flujo de tránsito (1: Alto - 2: Medio - 3: Bajo)

Para valorar este punto se debe analizar por un lado el volumen de tránsito y como se relaciona este con la capacidad de la vía (qué nivel de servicio tiene). Además, preguntarse ¿se encuentran disponibles rutas seguras alternativas para el tránsito?; ¿es ésta una ruta para autobuses o una utilizada por vehículos de emergencia? Es importante resaltar que la posible intervención afectará la capacidad de la vía, pudiendo provocar problemas adicionales.

3. Costo (1: Alto - 2: Medio - 3: Bajo)

El costo de la intervención no debería ser un aspecto importante, pero en alguna medida debe ser tenido en cuenta. Incluye el costo de construcción y de mantenimiento.

4. Consecuencia sobre los vehículos (1: Alto - 2: Medio - 3: Bajo)

En este apartado se evalúa el efecto que generan los reductores de velocidad sobre los vehículos y cómo pueden dañar la suspensión si están mal diseñados.

Pesos de los criterios.

Como se explicó anteriormente, los criterios elegidos no tienen la misma importancia relativa para la elección del sistema elegido. El peso relativo que se le da a los criterios se muestra a continuación:

1. Necesidad de eficiencia de la alternativa	50%
2. Efectos sobre el flujo de tránsito	25%
3. Costo	10%
4. Consecuencias sobre los vehículos	15%

Finalmente, se construye la matriz realizando la suma ponderada de los criterios y comparando los resultados con la "situación sin proyecto". La propuesta cuyo resultado sea más cercano a 3 será la ganadora. En el caso que existieran alternativas con puntajes similares (diferencia menor al 10%) se puede realizar un análisis de sensibilidad, variando los valores de los pesos y calculando nuevamente los resultados.

A continuación, se muestra la Figura 5 con un ejemplo de la Matriz Ponderada:

Criterio	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sin Proyecto
C1: Necesidad de eficiencia	P1: 0,50				
C2: Efecto sobre tránsito	P2: 0,25				
C3: Costo	P3: 0,10				
C4: Consecuencias sobre el vehículo	P4: 0,15				
Total: T: $\sum C_i \times P_i$		T1	T2	T3	T4

Figura 5 – Matriz de criterios ponderados para elegir regulador de velocidad en el tránsito

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Evaluación posterior a la implementación de las medidas adoptadas.

La evaluación y el control de las propuestas deben incluirse dentro del programa desde el comienzo. Una importante etapa inicial implica la recolección de datos del punto de partida, evaluando la línea de base antes de desarrollar e implementar el programa.

Para determinar el éxito de la propuesta y obtener un apoyo continuo, es vital que se controle y evalúe su resultado. La evaluación funciona tanto para ayudar a mejorarlo, como para determinar si es apropiado para el público al que va dirigido, si existen problemas con su implementación y apoyo, y si hay inconvenientes que deban resolverse a medida que se implementa el mismo.

Se pueden identificar los indicadores de rendimiento para la jerarquía de objetivos del programa, y diseñar los planes de evaluación de los resultados.

Determinación de Indicadores para estudiar la situación

Un indicador es una comparación entre dos o más tipos de datos que sirve para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa de cómo evoluciona una variable determinada en una línea de tiempo. Esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio, que tiene significado para quien lo analiza.

En el caso de la implementación de sistemas de regulación de la velocidad en calles urbanas se plantean los siguientes indicadores a determinar antes y después de las intervenciones:

1. Indicador de Incidentes: $(\text{Cantidad de incidentes} / \text{vehículos circulantes}) \times 1.000$.

Representa la cantidad de incidentes en el sector por cada 1.000 vehículos que transitan por el sector.

2. Indicador de accidentes: $(\text{Cantidad de accidentes graves (con lesionados o muertos)} / \text{total de accidentes}) \times 100.000$

Muestra la cantidad de accidentes graves que ocurren en el sector por cada 100.000 vehículos que transitan por el sector. En este caso, el período de análisis es sustantivamente mayor al del indicador N°1.

3. Indicador de velocidad elevada: $(\text{Cantidad de vehículos que superan velocidad máxima de circulación} / \text{total de vehículos}) \times 1.000$

Indica la cantidad de vehículos que transgreden el Límite de velocidad definido por cada 1.000 vehículos que circulan por el área de estudio.

4. Indicador de Volumen de tránsito: $(\text{Volumen de tránsito horario posterior a la intervención} / \text{volumen de tránsito previo a la intervención})$

5. Indicador de usuarios vulnerables: $(\text{Volumen horario de usuarios vulnerables: peatones, ciclistas, etc. posterior a la intervención} / \text{volumen usuarios vulnerables previo a la intervención})$

Cada indicador tendrá su rango de variación para poder medir el impacto de las intervenciones. La definición de los umbrales de los indicadores corresponderá a un análisis particular de cada situación.

El análisis de estos indicadores y su evolución temporal permitirá convalidar la selección realizada y retrotraer la situación en caso de que los indicadores no muestren resultados positivos.

3.1.6 Difusión, retroalimentación y comunicación de los resultados

Esta sección muestra cómo incluir las reacciones y comentarios del resultado de una evaluación en las etapas de planificación e implementación, así como también las maneras en las que se pueden compartir los resultados con las diferentes partes interesadas. Destaca la necesidad de reconocer y recompensar los aportes de los individuos y organismos, ya que ayudarán a asegurar la continuidad del programa, del mismo modo que lo harán la publicidad de los resultados exitosos.

Si el programa no ha sido exitoso, es importante compartir esto con otras personas de manera que los puntos débiles y los problemas relevantes sean considerados en intervenciones similares, incluyendo, en primer lugar, la opción de introducir o no dichas intervenciones. Por otra parte, la evaluación puede descubrir consecuencias indirectas e inesperadas del programa (tanto positivas como negativas). Esto deberá brindar más información para el desarrollo ulterior del programa.

4. CONCLUSIONES

La metodología propuesta puede ser el punto de partida para definir un procedimiento de selección de las intervenciones para la regulación de la velocidad en calles urbanas, a partir de valoraciones objetivas, y utilizando una matriz de evaluación por criterios ponderados que permite seleccionar la alternativa más adecuada.

Es importante destacar la trascendencia que tiene el trabajo de campo para la selección de la alternativa a seleccionar.

Por otra parte, la matriz de selección permite visualizar que no existe un aspecto único a la hora de determinar una intervención en la vía pública, sino que se trata de una visión global, donde participan distintos aspectos. La revaloración de los criterios, o la ampliación de estos será producto de la aplicación de la metodología.

La selección de indicadores para medir la eficiencia de las intervenciones plantea una alternativa para evaluar el éxito de estas a partir de resultados objetivos, utilizando el concepto de la mejora continua.

Finalmente, el artículo pretende ser un primer aporte para la resolución de un problema que aqueja a todas las comunidades, como lo es la inseguridad vial, proveyendo de fundamentos objetivos con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de los conglomerados urbanos.

5. REFERENCIAS

- [1] Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud (2017) - La velocidad y los siniestros viales - Numero de documento: OPS/NMH/17-007 © Organización Panamericana de la Salud
- [2] OECD/ECMT (2006) Transport Research Centre: Speed Management report, París (disponible en inglés y en español). ISBN 92-821-0377-3
- [3] Organización Mundial de la Salud (2017) Salve Vidas: Paquete de medidas técnicas de seguridad vial. Ginebra, Organización Mundial de la Salud. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Puede consultarse en <http://apps.who.int/iris>. ISBN: 978-92-4-351170-2
- [4] Departamento de Seguridad del Gobierno Vasco (2013) “Guía para la movilidad urbana de segura” del Departamento de Seguridad del Gobierno Vasco - Bitaka”.
- [5] Silcock David - Sociedad Global de Seguridad Vial (GRSF por sus siglas en inglés), (2008) - Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones y profesionales. Ginebra. ISBN 978-2-940395-11-8
- [6] NUVA Productos para la Seguridad Vial, disponible en <https://www.nuvavial.com.ar/listado-productos-nuva-vial>
- [7] Ley Nacional de Tránsito N° 24449, disponible en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=818>
- [8] Reglamento General de Tránsito de la ciudad de Santa Fe, disponible en <http://www.santafeciudad.gov.ar/media/files/10017%20-REGLAMENTO%20GRAL%20DE%20TRANSITO.pdf>
- [9] Organización Panamericana de la Salud (2016) - La seguridad vial en la región de las Américas (OPS, 2016). ISBN: 978-92-75-31912-3

Gestión de la Recolección de Residuos Informáticos en la ciudad de Rosario

Majul, M. Florencia; Rodriguez Eduardo; Burzacca, Luciana

*Facultad de Química e Ingeniería del Rosario. Pontificia Universidad Católica Argentina
Av. Pellegrini 3314, (2000) Rosario, Santa Fe, Argentina.*

flomajul@gmail.com

RESUMEN.

Este trabajo propone una mejora en la gestión de recolección de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en la ciudad de Rosario. Actualmente ésta consiste en que cada ciudadano entregue estos residuos en Centros asignados dos días al mes. El volumen recolectado es poco significativo en relación al volumen generado. Este último se estimó por inferencia a partir de información nacional de volumen y peso de equipos en desuso suministrada por la Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines. El estudio se delimitó a residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de informática y telecomunicaciones (RAEEIT). Se fijaron prioridades y lineamientos de cómo desarrollar un plan de gestión de RAEE que cumpla con todas las normativas vigentes desde la elección del transporte adecuado al cuidado de los equipos en su traslado. Se clasificaron los mismos en categorías acorde a tamaños y pesos respetando para la manipulación los pesos mínimos de seguridad según el convenio de Trabajadores de Carga y Descarga. Se seleccionaron contenedores donde los RAEEIT serán trasladados de forma segura desde los centros verdes hacia el centro de acopio para su posterior tratamiento. Estos centros verdes fueron analizados y asignados a una ubicación como resultado de la distribución de los volúmenes a tratar. Asimismo, se determinó la ruta óptima y se estimaron frecuencia de recolección apropiada y costos de transporte contemplando todos los rubros asociados a la logística.

Palabras Claves: Logística, Recolección, Residuos Informáticos, RAEE, Rosario.

ABSTRACT

This work proposes an improvement in the collection management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) in the city of Rosario. Currently this consists of each citizen delivering this waste in assigned Centers two days a month. The volume collected is not very significant in relation to the volume generated. The latter was estimated by inference from national information on the volume and weight of disused equipment provided by CAMOCA. The study was delimited to waste electrical and electronic equipment for computing and telecommunications (WEEEIT). Priorities and guidelines on how to develop a WEEE management plan that complies with all current regulations from the choice of adequate transport to the care of the equipment in its transfer were set. Transport was classified into categories according to sizes and weights, respecting the minimum safety weights for handling according to the Loading and Unloading Workers' agreement. Containers where WEEEITs will be transferred safely from the green centers to the collection center for subsequent treatment were selected. These green centers were analyzed and assigned to a location as a result of the distribution of the volumes to be treated. Likewise, the optimal route was determined and appropriate collection frequency and transportation costs were estimated considering all items associated with logistics.

Keywords: Logistics, Recollection, Computer Waste, WEEE, Rosario

1. INTRODUCCIÓN.

En el mundo la constante innovación tecnológica genera un incremento exponencial de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Nuestro país, al igual que nuestra ciudad, no escapa a esta realidad. Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) son aparatos que funcionan con corriente eléctrica o campos electromagnéticos y que se utilizan con una tensión nominal menor a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua; también son aquellos aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos. Esto incluye desde electrodomésticos a equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos de iluminación, herramientas eléctricas o equipos médicos.

Un AEE se convierte en un RAEE cuando el usuario lo descarta sin intención de que vuelva a utilizarse. La vida útil varía considerablemente según el tipo de aparato y de factores como la existencia de una cultura de la reutilización, la facilidad de acceso a nuevas tecnologías, la situación económica, entre otros. Los AEE son aparatos complejos que incluyen numerosas partes y componentes de materiales muy diversos. Algunos con alto valor de mercado, como chatarra ferrosa y plástica, aluminio, oro, plata o estaño, y otros que pueden ser riesgosos para los ecosistemas y las personas, como plomo, compuestos fluorocarbonados, mercurio, entre otros.

Esto hace que, por un lado, cuando un AEE se descarta tenga sentido recuperar los materiales y componentes valiosos para reinsertarlos en el ciclo productivo - algunas estimaciones indican que el 97% de los componentes y materiales contenidos en un AEE son recuperables o reciclables. Al mismo tiempo, resulta imprescindible hacer una gestión adecuada que minimice los riesgos ambientales.

Este trabajo tiene por objetivo estimar el volumen de RAEE de la ciudad de Rosario, analizar la logística que actualmente se utiliza y proponer una mejora en la gestión de recolección y transporte de los mismos. Se delimita el estudio a la gestión de la recolección y transporte únicamente de los Residuos Informáticos y de Telecomunicaciones (RAEEIT) a través del análisis de la fuente generadora (productor, distribuidor y consumidor).

2. MARCO TEORICO.

La gestión de los RAEE representa un problema creciente en un mundo donde el recambio tecnológico es cada vez más acelerado y en el que apenas una fracción mínima de los mismos se recicla o refuncionaliza. Se estima que el 50% de estos residuos están arrumbados en oficinas, hogares, entes públicos o depósitos; más del 40% se entierra o se descarta en basurales y rellenos y cerca del 10% ingresa en esquemas informales o formales de gestión de residuos [1].

En la Argentina, ésta tampoco es una problemática menor: según los datos del Observatorio Mundial de Residuos Electrónicos [2] se generan anualmente alrededor de 8,4kg de RAEE por persona. Si se multiplica por los 42 millones de habitantes, se obtienen unas 360 mil toneladas de RAEE generados anualmente. Fernández Protomastro [3][4] estima que entre 50 y 60% de este volumen (entre 180 y 216 mil toneladas) es almacenado en hogares y pequeñas instituciones por desconocimiento sobre el procedimiento de descarte. Entre el 10% y 15% llega a talleres de reparación y servicios técnicos y entre el 5% y 10% se recicla para recuperar materiales. Luego de pasar un tiempo almacenado o de atravesar las distintas etapas de recuperación, se calcula que un 60% de los RAEE termina en basurales o rellenos sanitarios.

La ciudad de Rosario desde hace unos años experimenta una tendencia de crecimiento de basura informática que se receptiona en los centros de distritos: en el 2017 se recolectaron 9.072 aparatos (que representan 40,5 toneladas de residuos), mientras que en el 2016 fueron 7.612. Respecto al volumen de RAEE generado en la ciudad a partir de los informes de RAEE 2018 [5] elaborado por la Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines (CAMOCA) se infiere dicho valor de residuos que se generan en la ciudad de Rosario. Actualmente Rosario genera un total de 104.267,77kg/mes de RAEE y teniendo en cuenta la información sobre la recolección del año 2017 de 40.500kg., se concluye que los distritos recolectan 3.375kg/mes, lo que implicaría tan sólo un 3,24% del total generado.

Respecto a los productores, no existe al momento entidad que regule o controle el impacto ambiental de lo producido a lo largo del tiempo, ya que éstos sólo producen en función de la demanda sin contemplar la disposición de los productos ya obsoletos o próximos al final de su vida útil.

Argentina posee regulaciones dispersas y no homogéneas. A nivel nacional, con respecto a RAEE no hay ninguna ley vigente. Actualmente hay registrados dos proyectos de ley de presupuestos mínimos de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la Cámara de Diputados: el Proyecto 0072-D-2018 presentado por el Diputado Villalonga y el Proyecto 5563-D-2018 presentado por el Diputado Filmus. Ambos proyectos incorporan el principio político de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y ponen foco en incorporar el análisis de Ciclo de Vida de un producto.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Como punto de partida es fundamental tener conocimiento sobre el volumen de RAEEIT generado en la ciudad. El mismo lo obtuvimos por inferencia a partir del informe de RAEE 2018 elaborado por

CAMOCA. Este informe es realizado a nivel nacional tal como se muestra en la Tabla 1. Considerando sólo la categoría de RAEEIT que son de nuestro interés (residuos informáticos y de telecomunicaciones) obtuvimos un porcentaje de 16,23%.

Tabla 1 Volumen y Clasificación de RAEE, según informe de CAMOCA

Sistemas de Impresión	EN USO 2018	DESUSO 2018	m³/U.	m³ DESUSO 2018	kg/U.	kg DESUSO 2018
Fotocopiadoras y Copiadoras	210.000	46.000	0,4096	18.840	74,00	3.404.000
Impresoras	4.700.000	380.000	0,2779	105.613	7,00	2.660.000
Multifunción	5.000.000	620.000	0,0450	27.900	8,00	4.960.000
Otros sistemas de Impresión	2.100.000	1.005.000	0,0350	35.175	3,00	3.015.000
Total Parcial	12.010.000	2.051.000		187.529		14.039.000
Otros Equipos Electrónicos	EN USO 2018	DESUSO 2018	m³/U.	m³ DESUSO 2018	Kg/U.	kg DESUSO 2018
Calculadoras de Bolsillo	7.600.000	1.890.000	0,00030	567.00	0,2	378.000
Comunicaciones	21.500.000	4.100.000	0,00600	24,6	0,6	2.460.000
Teléfonos	21.000.000	6.000.000	0,00231	13,86	0,6	3.600.000
Teléfonos inalámbricos	3.800.000	310.000	0,00120	372	0,7	217.000
Teléfonos Celulares	46.000.000	24.000.000	0,00007	1,68	0,2	4.800.000
Cámaras Digitales Fotos / Films	5.500.000	1.680.000	0,00108	1,814	0,6	1.008.000
Centrales Telefónicas	1.900.000	970.000	0,00364	3,531	1,8	1.746.000
Total Parcial	107.300.000	38.950.000		46,424		14.209.000
TOTAL ANUAL RAEE ARGENTINA EN KG						400.000.000
TOTAL ANUAL RAEE A INVESTIGAR EN ARGENTINA (RAEEIT) EN KG						64.918.000
PORCENTAJE 64.918.000 X 100/400.000.000						16,23

Con estos datos (Kgs DESUSO 2018) podemos obtener el factor de generación (FG) de RAEEIT. Cada argentino se estima que genera 8,7kg de RAEE de un total aproximado de 400,000 toneladas al año [6] [7], en relación con los Kg de RAEE a investigar (RAEEIT). Tenemos (Ec.(1)):

$$FG = \frac{\text{Total Anual de RAEE a Investigar en Arg.} * \text{Cant. Generado por Hab. en Arg.}}{\text{Total Anual de RAEE en Arg.}} \quad (1)$$

$$FG = \frac{64.918.000 \text{ kg} * 8,7 \text{ kg}}{400.000.000 \text{ kg}} = 1,41 \text{ kg}$$

Usando este factor de generación de RAEEIT (1,41kg/Hab) se obtiene un total de 115,811.055 Kg/mes de RAEEIT generados en Rosario según su población y distritos se genera la Tabla 2.

Tabla 2 Población por distrito de Rosario

Población por Distrito	Habitantes	Área (Km²)	Porcentaje Área (%)	Kg RAEE / Año (Hab.*1,41)	KG RAEE / Mes
Centro	253.499	20,66	11,56	357.433,59	29.786,13
Norte	143.070	34,88	19,52	201.728,70	16.810,72
Noroeste	178.157	43,82	24,52	251.201,37	20.933,44
Oeste	138.825	40,42	22,62	195.749,25	16.311,93
Sudoeste	120.299	20,13	11,27	169.621,59	14.135,13
Sur	151.776	18,78	10,51	214.004,16	17.833,68
TOTAL	985.626	178,69	100,00	1.389.732,66	115.811,05

Disponiendo de información sobre la recolección del año 2017 de 40.500kg RAEEIT [1], se concluye que los distritos sólo recolectan 3.375kg/mes de RAEEIT que implicaría un 3,24% del total de RAEEIT generado (correspondería a lo generado por 31.900 habitantes).

4. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS INFORMÁTICOS.

Análisis de la Recolección Diferenciada. Se realizó un estudio geográfico con la herramienta Google Maps para identificar correctamente el alcance de las zonas. Se demarcaron puntos que unidos forman un área y se identificaron a aquellos distribuidores que ocupan una superficie cubierta destinada a la exposición y venta de más de 500m², ya que en los proyectos de ley se define que deben de disponer de un sitio para la recepción de los correspondientes RAEE. Se los considera en esta investigación posibles nuevos Centros Verdes. Ellos son (ver Fig. 1): Centro verde Musimundo (distrito norte), Centro verde Air Computers (distrito centro), Centro verde Musimundo (distrito sur), Centro verde D' Ricco (distrito noroeste), Centro verde D' Ricco (distrito oeste) y Centro verde Outlet de Electrodomésticos (distrito sudoeste). Además, en Rosario también existe una planta de gestión

de residuos llamada Nodo Tau, en convenio con el programa provincial Nueva Oportunidad, inaugurada recientemente, de 500m² de superficie ubicada en el barrio Fisherton Industrial. Esta planta es apropiada para nuestro proyecto y se la considera como centro de origen o punto de referencia para la gestión de logística.



Figura 1 Centros Verdes para las RAEEIT

Evaluación de Alternativas de Transporte. Para realizar un análisis sobre los tipos de transporte posibles para la recolección de los RAEEIT se definieron los requerimientos y características que debe tener el transporte para cumplir con los mismos. Los requerimientos son: Ingreso al centro de la ciudad de forma fluida, Estacionamiento sin inconvenientes en zonas de carga y descarga, Capacidad de carga acorde a nuestras necesidades, Bajo consumo de combustible, Alta autonomía, Mayor longitud carrozable (caja cubierta) y Cumplimiento con todas las normativas de Tránsito vigentes para los vehículos de transporte de carga. Por esto, las características necesarias para el vehículo son: mediano de 2 o 3 ejes de transmisión, capacidad de carga de 1.000 a 6.000kg, Peso Bruto Vehicular (PBV) < 10.000kg reglamentario, volumen, largo carrozable hasta 7,5m, autonomía, 50 a 150lts. Ubicando estas necesidades en el parque automotor de transporte de carga se identificaron 10 posibles alternativas de vehículos: Mercedes Benz Accelo 815, Hino 300 816, Iveco Daily 55c17, Hyundai Hd 78, DFM Duolica 1064, JMC N900, Isuzu Npr75, Mercedes Benz Accelo 915, Volkswagen 6.160, y Mercedes Benz Sprinter 515.

La herramienta de análisis utilizada para la selección del transporte es el método de Ponderación Lineal, que es una manera rápida y sencilla para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio. La Ponderación Lineal (Scoring) es una función de valor para cada una de las alternativas. Permite: Abordar situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información, Usar una función de valor para cada alternativa, Suponer la transitividad de preferencias o la comparabilidad, Completar compensatorio, puede resultar dependiente, y manipulable, de la asignación de pesos a los criterios o de la escala de medida de las evaluaciones. Las etapas de este método son las siguientes:

1. Identificar la Meta del Problema: Seleccionar el mejor vehículo para transporte.
2. Identificar las Alternativas: Mercedes Benz Accelo 815, Hino 300 816 Iveco Daily 55c17, Hyundai Hd 78, DFM Duolica 1064, JMC N900, Isuzu Npr75, Mercedes Benz Accelo 915, Volkswagen 6.160, y Mercedes Benz Sprinter 515.
3. Listar los Criterios a emplear en la toma de decisión: Carga Útil [kg], Peso Bruto Vehicular (PBV), Volumen Útil [m³], Largo total [m], Capacidad Combustible [lts], Cilindrada [lts], Potencia [cv/rpm], Costo Mantenimiento [USD], Poder de recambio, Costo vehículo [USD].
4. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios: Se utilizó una escala de 5 puntos rating de satisfacción para cada Alternativa.
5. Establecer en cuánto satisface cada alternativa a cada criterio empleando una escala de 9 puntos: 1 = extra bajo; 2 = muy bajo; 3 = bajo; 4 = poco bajo; 5 = medio; 6 = poco alto; 7 = alto; 8 muy alto; 9 = extra alto.
6. Calcular el Score para cada una de las alternativas. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar. El modelo utilizado para calcular el Score es: $S_j = \sum w_i r_{ij}$ donde: r_{ij} = rating de la Alternativa j en función del Criterio i; w_i = ponderación para cada Criterio i; S_j = Score para la Alternativa j.

Los resultados de la aplicación de este método se muestran en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3 Criterio de selección de vehículos

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE VEHICULO		
Nombre del Criterio	Peso (% de Importancia)	
Carga Util	5	[1]
Volumen Util	25	[5]
Cap. Tanque combustible	5	[1]
Potencia	10	[2]
Cilindrada	15	[3]
Costo del vehículo	20	[4]
Poder de Recambio	5	[1]
Costo de Mantenimiento	15	[3]
Total	100%	

Tabla 4 Modelo de selección de vehículos

MODELO DE SELECCIÓN DE TRANSPORTE																			
ALTERNATIVAS	Carga Util		Volumen Util		Capac. Combustible		Cilindrada		Potencia		Costo Manten.		Poder Recambio		Costo		SCORE Sj		
	ri	9	5%	9	25%	8	5%	7	15%	8	10%	7	15%	9	5%	4		20%	
Merc. Benz Accelo 815	ri1	9	5%	9	25%	8	5%	7	15%	8	10%	7	15%	9	5%	4	20%	7,25	
Hino 300 816	ri2	9	5%	7	25%	9	5%	9	15%	6	10%	4	15%	9	5%	5	20%	6,65	
Iveco Daily 55c17	ri3	4	5%	5	25%	7	5%	7	15%	9	10%	7	15%	7	5%	6	20%	6,35	
Hyundai Hd78	ri4	9	5%	6	25%	9	5%	9	15%	9	10%	4	15%	7	5%	3	20%	6,20	
DFM Duolica 1064	ri5	5	5%	8	25%	8	5%	9	15%	8	10%	4	15%	1	5%	8	20%	7,05	
JMC N900	ri6	5	5%	4	25%	6	5%	6	15%	2	10%	4	15%	5	5%	9	20%	5,30	
Isuzu Npr75	ri7	7	5%	7	25%	9	5%	4	15%	6	10%	7	15%	1	5%	2	20%	5,25	
Merc. benz Accelo 915	ri8	5	5%	9	25%	8	5%	8	15%	6	10%	7	15%	4	5%	1	20%	6,15	
Volkswagen 6.160	ri9	5	5%	4	25%	8	5%	6	15%	7	10%	4	15%	5	5%	7	20%	5,50	
Merc. Benz sprinter 515	ri10	4	5%	4	25%	5	5%	2	15%	6	10%	9	15%	1	5%	1	20%	3,95	

El análisis realizado arrojó como resultado que el transporte óptimo para nuestro proyecto es el vehículo Mercedes Benz Accelo 815 ri1.

Análisis de Carrocería. Se analizó el tipo de caja (carrocería) de acuerdo al largo carrozable, la disposición de los equipos en la caja y la cantidad de viajes a realizar. La caja debe estar totalmente cubierta, adaptada para transportar los diferentes productos informáticos y de telecomunicaciones, la prioridad es el cuidado de los mismos y la ergonomía en la carga y descarga (por ambos laterales ya que el sistema de apertura y cierre de la caja será mediante cortinas). Cada compartimento tiene la posibilidad de adaptarse desplazando estanterías para los productos de mayor tamaño. Para los productos medianos y pequeños se utilizan contenedores de plástico adaptados a los volúmenes que venimos trabajando. De acuerdo a la ficha técnica del vehículo elegido, podemos calcular el volumen de la caja según el largo carrozable L (5,2m), el ancho de eje C (2,176m) y la altura del techo de la cabina/chasis I (1,632m) más lo que sobresale del techo de la cabina estimado en 1/2I (0,816). Así, el volumen de la caja será: $V = L \times C \times (I + \frac{1}{2}I) = 27,7m^3$. La oferta de cajas en el mercado es escasa, el volumen de caja cubierta aproximado es de 27,22m³ que fue seleccionada para nuestro estudio.

Disposición de RAEIT para transporte. Para la elección del contenedor conveniente fue necesario conocer la Cantidad de Equipos en desuso en Rosario y calcular el volumen (m³/Año) de cada equipo. Con esos datos, se dedujo el volumen mensual acopiado en cada uno de los centros de recepción de RAEIT (6 distritos y 6 centros verdes). Todos los equipos, en lo posible, estarán dispuestos en cajas plásticas para su transporte. Las ventajas de elegir este tipo de cajas son: reducir costos de embalaje hasta en un 90%, optimizar el espacio (apilables) y reducir volumen, disminuyendo así costos en transporte en el retorno de las cajas vacías y protección de los residuos. Contemplando el tamaño de los diferentes equipos se determinó el uso de 2 tipos de cajas plásticas, considerando que en labores donde la manipulación de cargas es inevitablemente manual y las ayudas mecánicas no pueden usarse, los trabajadores no deben operar cargas superiores a 25kg. Las formas y volúmenes de las cajas se muestran en la Figura 2.

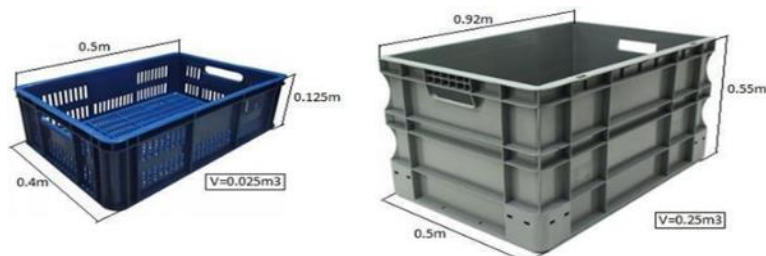


Figura 2 Formas y volumen de las cajas

Los equipos se clasificaron en 3 categorías según su volumen unitario para su disposición en las cajas y se muestran en las Tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5 Categoría 1: Equipos Grandes: volumen > 0,25 m³

Equipos Grandes	Vol. Rosario (m³)/año	Volumen (m³)/mes	Vol. (m³)/12 Centros Rep.	Volumen (m³)/3 viajes
Impresoras	2.351,37	195,95	16,33	5,44
Fotocop. y Copiadoras	419,46	34,95	2,91	0,97

Tabla 6 Categoría 2: Equipos Medianos: 0,025 m³ < volumen < 0,25 m³

Equipos Medianos	Vol. Rosario (m³)/año	Volumen (m³)/mes	Vol. (m³)/12 Centros Rep.	Volumen (m³)/3 viajes
PC	1.435,83	119,65	9,97	3,32
MONITORES	1.637,95	136,50	11,37	3,79
Otros sist. de impresión	783,14	65,26	5,44	1,81
Multifunción	621,16	51,76	4,31	1,44
Otras Computadoras	341,68	28,47	2,37	0,79

Tabla 7 Categoría 3: Equipos pequeños: volumen < 0,025 m³

Equipos Pequeños	Vol. Rosario (m³)/año	Volumen (m³)/mes	Vol. (m³)/12 Centros Rep.	Volumen (m³)/3 viajes
Teléfonos celulares	37,40	3,12	0,26	0,009
Partes piezas, Acc., etc	432,81	36,07	3,01	1,00
Teléfonos	308,58	25,71	2,14	0,71
Comp. portátiles	389,00	32,42	2,70	0,90
Comunicaciones	547,69	45,64	3,80	1,27
MOUSES	14,20	1,18	0,10	0,03
TECLADOS	67,73	5,64	0,47	0,16
Calculadoras de bolsillo	12,62	1,05	0,09	0,03
Cámaras Digitales	40,40	3,37	0,28	0,09
Centrales telefónicas	18,61	6,55	0,55	0,18
Teléfonos inalámbricos	8,28	0,69	0,06	0,02
Escaners	12,62	1,05	0,09	0,03

En la carrocería del transporte seleccionado, los equipos se disponen según las 3 categorías clasificadas con la siguiente distribución (Figura 3):

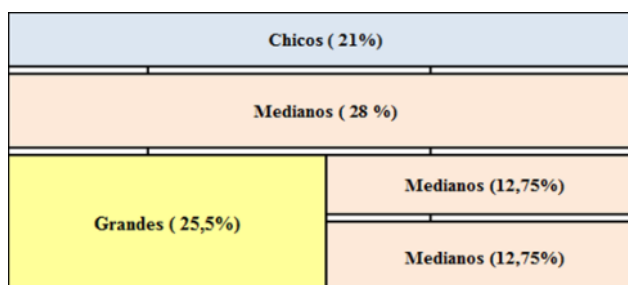


Figura 3 Distribución de las tres categorías

Recolección de RAEEIT. Contando con volúmenes calculados para los 6 distritos y los 6 centros verdes agregados para Rosario, es necesario determinar la frecuencia con la que los usuarios dispondrán de los RAEEIT en los distintos centros. Al ser un dato no conocido, se utilizó el método de Montecarlo que realiza una simulación sobre la experimentación con elementos aleatorios o probabilísticos mediante un muestreo al azar.

Tabla 8 Volumen mensual por distrito

Equipos Chicos	Volumen Rosario (m ³)/Año	Volumen (m ³)/mes	Distrito Centro	Distrito Norte	Distrito Noroeste	Distrito Oeste	Distrito Sudoeste	Distrito Sur
Teléfonos Celulares	37,40	3,12	0,80	0,45	0,56	0,44	0,38	0,48
Partes Piezas, Accesorios de Computación	432,81	36,07	9,28	5,24	6,52	5,08	4,40	5,55
Teléfonos	308,58	25,71	6,61	3,73	4,65	3,62	3,14	3,96
Computadoras Portátiles	389,00	32,42	8,34	4,71	5,86	4,57	3,96	4,99
Comunicaciones	547,69	45,64	11,74	6,63	8,25	6,43	5,57	7,03
MOUSES	14,20	1,18	0,30	0,17	0,21	0,17	0,14	0,18
TECLADOS	67,73	5,64	1,45	0,82	1,02	0,79	0,69	0,87
Calculadoras de Bolsillo	12,62	1,05	0,27	0,15	0,19	0,15	0,13	0,16
Cámaras Digitales Fotos / Films	40,40	3,37	0,87	0,49	0,61	0,47	0,41	0,52
Centrales Telefónicas	78,61	6,55	1,68	0,95	1,18	0,92	0,80	1,01
Teléfonos inalámbricos	8,28	0,69	0,18	0,10	0,12	0,1	0,08	0,11
Escanners	12,62	1,05	0,27	0,15	0,19	0,15	0,13	0,16
PCs.	1.435,83	119,65	30,77	17,37	21,63	16,85	14,6	18,43
MONITORES	1.637,95	136,50	35,11	19,81	24,67	19,23	16,66	21,02
Otros sistemas de Impresión	783,14	65,26	16,78	9,47	11,8	9,19	7,97	10,05
Multifunción	621,16	51,76	13,31	7,51	9,36	7,29	6,32	7,97
Impresoras	2.351,37	195,95	50,40	28,44	35,42	27,6	23,92	30,17
Las Demás Computadoras	341,68	28,47	7,32	4,13	5,15	4,01	3,48	4,38
Fotocopiadoras y Copiadoras	419,46	34,95	8,99	5,07	6,32	4,92	4,27	5,38
TOTALES	9.540,54	795,04	204,48	115,41	143,71	111,98	97,04	122,43

La técnica se compone de cinco pasos:

Paso 1. Establecer distribuciones de probabilidad. La idea fundamental es crear valores válidos para las variables que conforman el modelo objeto de estudio. Una forma habitual de establecer una distribución de probabilidades para una variable dada es mediante el análisis de los datos históricos. La probabilidad o frecuencia relativa de cada resultado posible de una variable se encuentra dividiendo la frecuencia de la observación por el número total de observaciones. Al no contar con datos históricos, se consideran volúmenes máximos a los calculados por distrito (100%) con un margen de -50% divididos en cuartos, es decir 25%; 50%; 75%; 100%. Como ejemplo, de la Tabla 8 se tomó el volumen total mensual del distrito sudoeste de 97m³. Dividiendo este volumen en cuartos tendremos 24, 49, 73 y 97m³ que serán nuestra demanda de RAEEIT.

La frecuencia desconocida con la que los usuarios dispondrán de los RAEEIT se calculó utilizando 365 números aleatorios simulando un año en razón de los rangos formados por los cuartos de volumen del distrito sudoeste.

Paso 2. Construir una distribución de probabilidades acumuladas para cada variable. La conversión de una distribución de probabilidad regular, tal como aparece en la tercera columna de la Tabla 9, en una distribución de probabilidad acumulada es una tarea sencilla. En la cuarta columna se observa que la probabilidad acumulada en cada nivel de demanda es la suma de la tercera columna (columna de probabilidades) más la probabilidad acumulada anterior.

Tabla 9 Distribución de probabilidades acumuladas

Demanda de RAEEIT	Frecuencia	Probabilidad del suceso	Probabilidad acum.	Intervalos	
24	92	0,25	0,25	0	0,25
49	95	0,26	0,51	0,25	0,5
73	94	0,26	0,77	0,5	0,75
97	84	0,23	1	0,75	1

Paso 3. Establecer intervalos de números aleatorios. Una vez establecida la distribución de probabilidad acumulada para cada variable que se incluye en la simulación, se asigna una serie de números que represente cada posible valor o resultado, los cuales se denominan intervalos de números aleatorios. Tal como se muestra en la tabla anterior, la longitud de cada intervalo de la derecha corresponde a la probabilidad de cada una de las posibles demandas diarias.

Paso 4. Generar números aleatorios. Si la simulación se efectúa manualmente, pueden

seleccionarse los números de una tabla de dígitos al azar.

Paso 5. Simular el experimento. Podemos simular los resultados de un experimento mediante una simple selección de los números aleatorios. Empezando en un punto aleatorio cualquiera, se simulan 12 meses de demanda de RAEEIT según se ve en la tabla siguiente:

Tabla 10 Demanda mensual media de RAEEIT

1	0,23	24
2	0,67	73
3	0,82	97
4	0,82	97
5	0,81	97
6	0,88	97
7	0,16	24
8	0,07	24
9	0,64	73
10	0,35	49
11	0,86	97
12	0,74	73
		825
		Demanda total de 12 meses
	825/12 = 68,75	Demanda mensual media de RAEEIT

La demanda media resultante es de 68,75m³ de RAEEIT en este simulacro de 12 meses. Esto difiere de manera significativa de la demanda mensual esperada D_e de 60,03m³, calculada mediante la siguiente fórmula (Ec. (2)):

$$D_e = \sum_{k=1}^n (\text{Probabilidad de } i \text{ unidades}) * (\text{Demanda de } i \text{ unidades}) \quad (2)$$

$$= (0,25 * 24) + (0,26 * 49) + (0,26 * 73) + (0,23 * 97) = 60,03$$

Sin embargo, si esta simulación se repitiera cientos o miles de veces, la demanda media simulada sería casi la misma que la esperada. Siguiendo la misma metodología se realizó la simulación con los volúmenes de los distritos restantes para obtener las demandas esperadas que son utilizados en cálculos posteriores.

Tabla 11 Demanda mensual media por distrito

	Distrito Centro	Distrito Norte	Distrito Noroeste	Distrito Oeste	Distrito Sudoeste	Distrito sur
Demanda mensual media	119	69,48	90	79,33	68,75	68,625
Demanda esperada	125,97	78,655	88,92	74,2	60,03	76,26

5. DEFINICIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN.

Al contar con un punto de origen y destino coincidente y único (se supone que hay un depósito central desde el que el vehículo parte a efectuar la recolección, regresando al terminar), el método de barrido es un procedimiento que genera buenas soluciones cercanas al verdadero óptimo en tiempos razonablemente breves. Este método es sencillo de aplicar aún cuando haya muchas paradas. La precisión reportada al usar este método en una variedad de problemas distintos ha sido con errores del 10% del mejor valor posible (para minimizar costos, por ejemplo). Este nivel de error, aunque no es muy pequeño resulta aceptable cuando el transportista requiere de soluciones medianamente buenas en tiempos muy cortos. Se trabaja en dos etapas: asignar a cada vehículo sus paradas hasta completar la carga máxima que puede llevar y luego se determina el orden en que se visitarán las paradas por el vehículo, tratando de seguir principios de buen ruteo. Los pasos del método de barrido son los siguientes:

Paso 1. Se localizan todos los puntos de entrega (paradas) en un mapa o diagrama con coordenadas cartesianas y se enlistan los vehículos en orden de mérito por su capacidad de carga, eligiendo primero al de mayor capacidad (en nuestro caso, 27m³).

Paso 2. A partir del depósito se dibuja una línea recta en cualquier dirección. Esta línea hará las veces de una “aguja giratoria” que irá tocando todas las paradas. Se gira la línea recta alrededor del depósito hasta tocar una parada. Si la demanda en esta parada no excede la capacidad disponible del vehículo, se incluye en la ruta, continuando con el giro de la recta hasta tocar la siguiente parada. Otra vez, si la demanda en la nueva parada no rebasa la capacidad disponible del vehículo, se incluye en la ruta y se prosigue con el giro de la recta. Continuando así, se completan las paradas para el primer vehículo en el momento en que la parada que se examina tiene una demanda que rebasa la capacidad disponible del vehículo. Esta parada es la que inicia el próximo ciclo para determinar la ruta, usando el siguiente vehículo de mayor capacidad. Este procedimiento se muestra en la Figura 4.

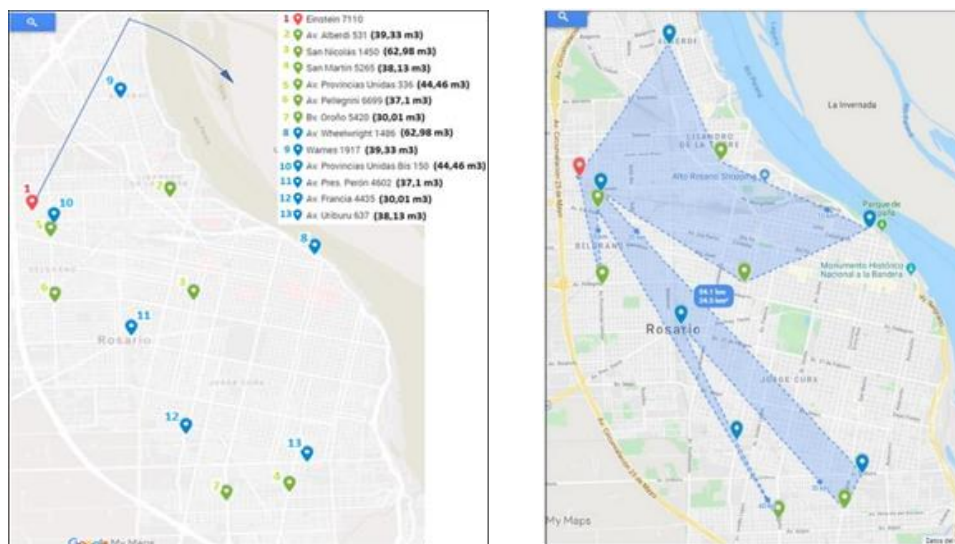


Figura 4 Bosquejo del método de barrido para la ruta de recolección de RAEEIT

Paso 3. Una vez determinadas las paradas que cubrirán los vehículos, se procede a determinar el orden en que se visitarán, que en nuestro caso será de la siguiente manera: 9 - 2 - 8 - 3 - 10 - 13 - 4 - 11 - 12 - 7 - 5 - 6. Para esto se puede seguir el principio de formar patrones de gota en la ruta, o si se tiene tiempo y software, encontrar soluciones del problema del agente viajero para cada grupo de paradas.

El recorrido que deberá realizar el camión comienza en el nodo 1 (centro de acopio) y pasa por todos los Centros Verdes hasta terminar finalmente en el nodo 1. Si bien el camión tiene un volumen de carga total igual a $27,22\text{m}^3$, se utiliza un volumen de carga de 22m^3 como capacidad de carga del camión en cada viaje. El camión sale del centro de acopio (nodo 1) hasta el nodo 9, el cual tiene un volumen de $39,33\text{m}^3$, donde recolecta su capacidad máxima (22m^3) dejando un remanente de $17,32\text{m}^3$. Luego emprende la vuelta hasta el centro de acopio (nodo 1) en donde descarga la totalidad de lo recolectado. Una vez que el camión está vacío retorna al nodo 9 a recolectar el remanente. Una vez completado el primer viaje, se dirige al siguiente destino (nodo 2) donde recolecta el volumen restante para completar los 22m^3 de carga máxima. De ahí emprende nuevamente viaje hasta el centro de acopio (nodo 1) para descargar lo recolectado. Sigue esa metodología de carga y descarga por cada uno de los nodos hasta completar la recolección total de RAEEIT. Estimando un tiempo promedio de 5 minutos para poder cargar un m^3 en el camión y contemplando también el mismo tiempo para la descarga, se obtiene un tiempo total de carga y descarga de 5.041 minutos (84,91 horas), sumando el tiempo de recorrido que es igual a 749 minutos (12,48 horas) se totaliza un tiempo total de 5.790 minutos (96,5 horas). Estableciendo una jornada laboral de 8 horas diarias se concluye que con una frecuencia de 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes se recolecta la totalidad de los RAEEIT de todos los centros verdes acumulados en un mes.

6. COSTO DE TRANSPORTE.

Se procedió a analizar los determinantes de los costos y de los precios del sector de transporte de cargas, basándose en estimaciones de Cámaras que intentan replicar la función de producción de la actividad bajo determinados supuestos que hacen a los equipos utilizados, a su uso y al tipo de tráfico realizado. Según (<http://www.edutecne.utn.edu.ar/transporte/costos.pdf>) la incidencia de cada rubro de costo en porcentaje de costo total es: Combustible 30,3%, Lubricante 3,2%, Neumáticos 2,8%, Reparaciones 5,6%, Personal 41,3%, Patentes y Tasas 6,9%, Gastos generales 6,0% y Peaje 3,9%. Se siguió una estructura de costo estimada obtenida a partir de información de la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEEAC). Esta estructura contiene los rubros: Remuneraciones personales operativas, Cargas sociales directas personal operativo, Cargas sociales derivadas personal operativo, Combustibles, Lubricantes, Filtros, Mantenimientos, Neumáticos, Seguro vehículo, Patente vehículo, Comunicaciones, Peajes, Lavados, Inspección técnica, Amortización vehículo, R.U.T.A., Licencia nacional habilitante. Así, el Costo total anual es de \$2.718.840 y se obtuvo de la siguiente forma:

Remuneraciones personales operativas: De acuerdo a la convención colectiva de trabajo 508/078 celebrada entre la Cámara Empresaria de Carga, Descarga, Manipuleo, Movimiento, Empaque y Afines de la República Argentina (CECADRA) y la Unión de Trabajadores de Carga y Descarga de la República Argentina (UTC y DRA), que se aplica para la totalidad del personal dependiente afectado a las tareas de movimiento general de bultos enunciadas en el Art. 4º, cualquiera sea el vínculo contractual que lo ligue, y citando el último acuerdo paritario del año 2019, se pudieron

recabar los datos necesarios para nuestro trabajo. Se necesita disponer para la recolección de los RAEEIT de 2 personas, según Capítulo II – Categorías Art. 12 y Art 14, son: un Operario de carga y descarga Categoría 3ra y un Conductor de transporte, recolección Categoría 2da. (menor 100 km diarios). Las remuneraciones serán: Operario de carga y descarga, categoría 3ra = \$34.900/mes Conductor, categoría 2da = \$49.360/mes. Importe total anual de remuneraciones = \$34.900 + \$49.360 = \$84.260 x 12 meses = \$1.011.120

Cargas sociales directas personal operativo: Las cargas sociales se clasifican en: Porcentaje cierto (Jubilaciones, Obra Social, ART, Seguro de Vida Obligatorio, etc.) siguiendo lo estipulado por el Ministerio de Producción y Trabajo, y Porcentaje incierto (licencia por enfermedad, por vacaciones, etc.). En particular el porcentaje de las Aseguradoras de Riesgo del Trabajo (ART) que, según el riesgo de la actividad laboral varía desde el 2% al 8%, lo fijamos en un 3%. Así, las cargas sociales directas de un año, suman un 28.53 % de las remuneraciones anuales. Por lo tanto el Costo anual de cargas sociales directas será de \$1.011.120 x 28,53% = \$288.472.

Cargas sociales derivadas personal operativo: Estas cargas sociales tienen la particularidad que los importes que pagan las empresas por las mismas no son consecuencia de aplicar ningún porcentaje a las remuneraciones pagadas, sino que surgen cuando se da el hecho que las origina, por ejemplo: indemnizaciones por despidos, vacaciones, feriados pagos, enfermedad y licencias, sueldo anual complementario. La forma de determinar los importes de estas cargas sociales es diferente al de las directas, ya que cada una tiene su propia mecánica de liquidación. El despido es una eventualidad que está permanente en la vida de las empresas, por tanto, consideraremos como previsión el costo por despido. Como en nuestro caso la antigüedad del personal es menor a 5 años el costo por despido estará formado de la siguiente manera: La indemnización por antigüedad + el pago del preaviso + las cargas sociales derivadas del preaviso.

A modo de ejemplo, se han calculado las siguientes previsiones:

Previsión para despidos y cargas sociales: Indemnización promedio (estimativo: 2 personas, 1 año antigüedad promedio)

Mes de preaviso promedio 28,53% de \$44.200 (cat.3 + cat.1) = \$12.610 x 2 = \$25.220

Expectativa de despidos: 1 por año

Importe total a provisionar: 1 x \$44.200 + \$44.200 + \$25.220 = \$113.620

Importe mensual a provisionar: \$113.620 / 12 meses = \$9.468 por mes

Previsión para vacaciones: Estimado para una persona que percibe \$44200 promedio por mes con 14 días de vacaciones. En ese mes su remuneración se compone de:

\$44.200 / 25 días = \$1.768 x día x 14 días = \$24.752

\$44.200 / 30 días = \$1.473 x día x 14 días = \$20.626

Total de la remuneración de ese mes \$45.378 + 28,53% de C.Soc.= \$58.324

Sobre la base de 7 días de vacaciones: \$44.200 / 25 días = \$1.768 x día x 7 días = \$12.376 x 2 personas = \$24.752

Por lo tanto el Total de la remuneración, \$24.752 + 28,53% de cargas sociales = \$31.813

Previsión para feriados pagos y cargas sociales: Considerando los 16 feriados pagos para el año 2020 que no tienen distribución uniforme a lo largo de los meses. No se tienen en cuenta los días no laborables.

Cantidad de operarios: 2 operarios (operario de carga, conductor)

Cantidad de días feriados: 16 días

Jornal promedio por día \$1.473 por día

Total de días feriados a pagar: 16 días x 2 operarios = 32 días

Total de jornales a abonar: 32 días x \$1.473 = \$47.136

Cargas sociales directas del 28.53%: \$13.448

Importe mensual a provisionar: \$47.136 + 13.448 = \$60.584 /12 = \$5.048

Pagos por enfermedad y licencias: No hay una base acertada para provisionar los importes de enfermedad o de licencias de cada mes, ya que ni siquiera en caso de existir experiencias anteriores las podemos proyectar al período costado. Es por esto que estimamos 10 días en total. El costo de previsión para 2 operarios (operario de carga, conductor) sería el siguiente:

Jornal promedio por día: \$1.473 por día

Total de jornales a abonar: 10 días x \$1.473 = \$14.730

Cargas sociales directas 28.53%: \$4.202

Importe mensual a provisionar: \$14.730 + 4.202 = \$18.932 /12 = \$1.578

Por lo tanto el *costo total anual de cargas sociales derivadas* será la suma de los totales de las previsiones: \$113.620 + \$31.813 + \$ 60.584 + \$18.932 = \$224.949

Combustible: Para calcular este costo utilizamos información de la ficha técnica del vehículo seleccionado, Mercedes Benz Accelo 815, que cuenta con un tanque de combustible de 150 litros. Como el consumo expresado es de 194 g/kwh debemos convertirlo a litro/hora: Potencia máxima: 156 cv/2200 rpm 1 cv = 0,7457 kw 156 cv = 116,33 kw \leftrightarrow 194 g/kwh x 116,33 kw = 22.568 g/h (22,56kg/h). Como la densidad del Diesel a 15° es de 0,850g/m³ aprox. Nuestro consumo será de 26,55 litros/h. Ahora tenemos que tener en cuenta la distancia recorrida desde el centro de acopio a los distintos centros verdes. Por ejemplo, si el recorrido anual fuera de 15.550km a una velocidad media de 40 km/h para recorrer toda la distancia necesitaríamos de 389 horas, entonces el consumo sería: 26,55 litros/h. x 389 h = 10.328 litros/150 litros (tanque) \approx 69 tanques de combustible. Estos 69 tanques/12 meses = 5,7 tanques/ mes. Considerando el Costo del diésel súper al 03/12/2019 (YPF: \$46,98, Axion: \$50,70, Shell \$51,80). Entonces, el importe anual de combustible aprox. a un costo medio por litro de \$50,70 es de: 10.328 litros x \$50,70 = \$ 523.630

Lubricantes: Los lubricantes que tendremos en cuenta son aquellos cuyo reemplazo se efectúan cada 15.000 Km: Tanque de urea: 25 litros x \$28 / litro = \$700; Cáster de aceite motor: 15,8 litros x \$184 / litro = \$2.907; Líquido refrigerante (litros): 9 x \$350 / litro = \$3.150; Depósito lavaparabrisas (litros): 5,5 = \$55; Dirección hidráulica : 2 x \$1.800 litro = \$3.600; Refrigerante: 16 litros (55/5 litros x 3) = \$165. Por lo tanto el importe anual de lubricantes es de \$10.577.

Filtros: Considerando que el Filtro de aire: \$2.800, Filtro de aceite: \$6.490 y Filtro habitáculo: \$860, el importe anual de filtros es de \$10.150

Mantenimiento: El costo de mantenimiento según datos de la FADEEAC se estima alrededor del 2,5% del valor del vehículo, por tanto, si el costo es de U\$S33.500 x 2 % = U\$S 670 x \$60. El importe anual como previsión de mantenimiento es de \$40.200

Neumáticos: El cambio de los neumáticos es un procedimiento recomendado para asegurar el desgaste uniforme de la banda de rodaje. El desgaste de los neumáticos se da en función de diversos factores variables debido a las condiciones de operación, este intervalo puede ser evaluado por el Cliente. Incluiremos el costo de éstos, por previsión ya que consideramos que para nuestro recorrido el cambio se realizará en un lapso mayor a un año. Por lo tanto el Costo por cubierta rodado 215 / 75 R17,5 = \$16.400 x 4 = \$65.600

Seguros de vehículos: Seguro de responsabilidad civil principal: \$5.000 - \$7.000. Seguro de carga: \$1.000. Costo mensual \$6.000 + \$1.000 = \$7000. Por lo tanto el Importe anual de seguro \$7.000 x 12 meses = \$84.000

Patente vehículos: De acuerdo al informe de alícuotas y módulos tributarios año fiscal 2019 de la Dirección Nacional del Registro de la Propiedad del Automotor (DNRPA) para este vehículo es de 1,50%, sobre la valuación también de 2019 de \$2.284.050 es de \$34.320,75 anual/6 meses, ya que la patente es bimestral el costo estimado por patente será de \$5.720.

Comunicaciones: Una línea, costo aprox. \$1.000 / mes x 12 meses = \$12.000

Peajes: No aplica, ya que la distancia a recorrer es corta y solo dentro de la ciudad.

Lavados: A razón de un costo aproximado de \$500 por mes, el costo anual es de \$6.000

Inspección Técnica: No aplica ya que será anual para todos los vehículos que superen los tres años de antigüedad o superen los 60.000 kilómetros.

Amortización de vehículo: Según la tabla de estimaciones de la AFIP (http://biblioteca.afip.gob.ar/dcp/DEC_C_000873_1997_09_01) la vida útil para los rodados camiones es de 5 años. Por lo tanto la Cuota de amortización sería: Valor amortizable/vida útil=U\$S 33.500/5 = U\$S6.700 (al 12/19 \$ 402.000 que es un 20% del valor)

R.U.T.A (Registro Único del Transporte Automotor): Según (<https://www.ceac.com.ar/ruta/>) los costos de los trámites asociados al 02/12/2019 son: Alta de Empresa = \$1.300; Alta de vehículo = \$650; Validación = \$650; Baja = \$650; Re- impresiones = \$650; Modificación = \$650. Por lo tanto el Importe total R.U.T.A = \$ 4.550

Licencia Nacional Habilitante: Costo Licencia Nacional de Conducir: Hasta 1 año \$971,00; Hasta 2 años \$1031,00. Adicional costo CeNAT \$240. Importe total = \$1.271 (<https://www.rosario.gob.ar/web/tramites/licencia-de-conducir-para-profesionales-renovacion>)

Resumiendo, el costo anual total presenta en la tabla siguiente (Tabla 13):

Tabla 13 *Totales de costos anuales*

Costos ANUALES	TOTALES
Remuneraciones personales operativas.	1.011.120
Cargas sociales directas personal operativo.	288.472
Cargas sociales derivadas personal operativo.	224.949
Combustibles.	523.630
Lubricantes.	10.577
Filtros.	10.150
Mantenimientos.	40.200
Neumáticos.	65.600,00
Seguro vehículo.	84.000
Patente vehículo.	34.320,75
Comunicaciones.	12.000
Peajes.	N/A
Lavados.	6.000
Inspección técnica.	-
Amortización vehículo.	402.000
R.U.T.A.	4.550
Licencia nacional habilitante.	1.271
TOTAL, COSTOS	\$ 2.718.840

7. CONCLUSIÓN.

En este trabajo se tomó conocimiento de la gestión actual de RAEE en Rosario y la evidencia muestra que existe muy poca difusión acerca del tipo de recolección y su tratamiento, ya que sólo consiste en que cada ciudadano entregue estos residuos en los Centros Municipales de Distrito, el último viernes y sábado de cada mes. El volumen recolectado es poco significativo en relación a lo generado. Para atacar esta problemática es claro que se requiere la participación de todos los actores y responsables como fuentes generadoras de residuos.

Esta investigación se delimitó a estudiar un plan para la gestión logística de los RAEE en Rosario. Para tomar conocimiento de los volúmenes a tratar, se utilizó la información nacional de equipos en desuso generada por CAMOCA (Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines) cuyos informes proporcionan cantidades y peso, infiriendo de aquí valores proporcionales a la población de la ciudad de Rosario.

Se fijaron prioridades y lineamientos de cómo desarrollar un plan de gestión de RAEE que cumpla con las normativas vigentes, desde la elección del transporte adecuado y el cuidado de los equipos en su traslado. Para esto, se clasificaron los residuos en categorías acorde a sus tamaños y pesos respetando para la manipulación los pesos mínimos de seguridad según el convenio de trabajo de la Unión de Trabajadores de Carga y Descarga de nuestro país. Asimismo, se puso énfasis en la selección de contenedores donde los RAEEIT serán trasladados de forma segura. Además, se propuso adicionar 6 nuevos centros verdes, a los 6 ya existentes en los distritos. Se determinó la ruta óptima y la frecuencia de recolección aplicando métodos y simulaciones. Además, se efectuó un análisis de costos asociados a todos los rubros logísticos.

Se espera en un futuro cercano contar con una ley de gestión de RAEE y con el apoyo y el compromiso de todos los usuarios, productores, distribuidores y autoridades.

8. REFERENCIAS.

- [1] Residuos Electrónicos, Disponible en <https://www.greenpeace.org/argentina/el-peligro-de-los-residuos-electronicos/> Consultado 03/10/2019
- [2] Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *Observatorio Mundial de los Residuos electrónicos*. 2017. Ginebra: ONU. 2017
- [3] Fernández Protomastro, G. (2014). *Buenas Prácticas para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE*. 1a ed. CABA: Grupo Uno. 178 p. ISBN 978-987-29862-3-0. 2014
- [4] Fernández Protomastro, G. (2013). *Minería Urbana y la Gestión de los Residuos Electrónicos*. 1a ed. CABA: Grupo Uno. 317 p. ISBN 978-987-29862-1-6. 2013
- [5] Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines (CAMOCA). Disponible en: <http://www.camoca.com.ar/> Consultado 02/09/2019
- [6] unlp.edu.ar/vinculacion_tecnologica/programa_e_basura-7876. Consultado 11/08/2019
- [7] ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1572/PLANTA%20DE%20ACOPIO%20Y%20DEEN%20SAMBLE%20DE%20RAEE.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado 11/08/2019
- [8] www.unioncargaydescarga.org/user/files/CCT_508_07-TEXTO_ORDENADO_2015.pdf. Consultado 21/10/2019

Agregado de valor mediante incorporación de TIC's al proceso de facturación y cobro en una organización de salud

Tabone, Luciana*; Mortara, Verónica; Zanfrillo, Alicia ⁽¹⁾; Dimarco, Maximiliano.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Av.J.B Justo 4302 (7600) | Mar del Plata| Buenos Aires | Argentina.*

ltabone@fi.mdp.edu.ar

*(1) Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Dean Funes 3250 (7600) | Mar del Plata | Buenos Aires | Argentina.*

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el análisis y mejora del proceso de facturación y cobro de una organización que presta servicios de salud especializados en la prevención, atención y reinserción social de personas que hacen un uso indebido de drogas. El principal problema que se presenta es el retraso en la facturación y cobro de los servicios prestados, situación que le genera inconvenientes respecto a la liquidez necesaria para su funcionamiento, sustento y competitividad futura. El proceso estudiado varía en función de las tres modalidades de tratamiento brindadas y de las diversas formas de pago posibles. Con el fin de lograr una mayor comprensión, se estudia la situación actual mediante cursogramas analíticos. Para su construcción se relevan las actividades que componen el proceso, sus tiempos de ejecución y se identifican las que agregan valor al cliente y a la organización de las que no. Se efectúa un análisis causa-efecto con el fin de detectar los principales motivos que originan el problema actual. Se formula una propuesta de mejora al proceso, que contempla la incorporación de TIC's y personal especializado, con el propósito de aumentar el valor agregado para el cliente y la organización. Se implementan los cambios propuestos y se estudian comparativamente la situación actual y la propuesta para comprobar las mejoras obtenidas. La implementación proceso genera una reducción del 29% de la cantidad actividades que no aportan valor y un aumento del 28% de las actividades que agregan valor. Se reduce el 10% del tiempo de actividades sin valor y aumenta el 33% del tiempo las que generan valor al cliente. Se concluye que la metodología propuesta para la generación de valor en el proceso de facturación y cobro de la organización ha generado un impacto positivo para la misma y sus clientes.

Palabras Claves: agregado de valor, mejora de procesos, TIC's, servicios de salud.

ABSTRACT

The objective of this work consists in the analysis and improvement of the billing and payment process of an organization that provides specialized health services in the prevention, care and social reintegration of people who abuse drugs. The main problem that arises is the delay in billing and payment of the services provided, a situation that generates inconveniences regarding the liquidity necessary for its operation, sustenance and future competitiveness. The process studied varies depending on the three treatment modalities provided and the various possible forms of payment. For a better understanding, the current situation is studied using analytical course charts. For its construction, the activities that make up the process and their execution times are surveyed and those that add value to the client and the organization of those that do not are identified. A cause-effect analysis is carried out in order to detect the main reasons that originated the current problem. A proposal to improve the process is formulated, such as the incorporation of ICTs and specialized personnel, with the purpose of increasing the added value for the client and the organization. The proposed changes are implemented and the current situation and the proposal are studied comparatively to verify the improvements obtained. The implementation of the process generates a 29% reduction in the number of activities that do not add value and a 28% increase in the activities that add value. You also get a 10% reduction in the time of worthless activities and a 33% increase in the time that generates value for the customer. It is concluded that this proposed methodology for the generation of value in the organization's billing and collection process has generated a positive impact for the organization and its clients.

Keywords: added value, process improvement, Health services.

1. INTRODUCCIÓN

La mejora de los procesos y servicios brindados a los clientes se han convertido en una tarea fundamental para las organizaciones que buscan mantenerse en el entorno competitivo actual. Para ello es necesario el desarrollo de una cultura orientada a la gestión de procesos, el trabajo en equipo, la incorporación de tecnologías, la participación del personal y la innovación.

Se toma como caso de estudio a una organización de salud de la ciudad de Mar del Plata que presta servicios especializados en la prevención, atención y reinserción social de personas que hacen un uso indebido de drogas. Frente a la necesidad de mantener la competitividad, liquidez y sostenibilidad futura de la organización y ante las falencias que posee el actual manejo de la información, se considera imperioso la incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) que sistematicen y faciliten el proceso de facturación y cobro de la institución y permita la toma de decisiones más certeras al Área de Finanzas y la Gerencia.

El objetivo del presente trabajo es la propuesta de una mejora al proceso estudiado mediante la incorporación de TIC, con la intención de aumentar el valor agregado para el cliente y la organización. Se desarrolla un estudio de procesos para detectar los principales puntos de mejora que aumenten la eficiencia y la generación de valor. Mediante la incorporación de un software de gestión se proyecta proporcionar una herramienta sencilla, sistemática para la ejecución de las actividades de facturación y cobro, como así también dotar a la organización de información confiable para la toma de decisiones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Los sistemas de información y el agregado de valor

El estudio del agregado de valor implica analizar los procesos en los niveles estratégico, táctico y operativo de las organizaciones y su cadena de valor. Entre los procesos que crean valor para el cliente se destacan aquellos relacionados con la incorporación de tecnología: por una parte se pueden identificar las que se relacionan con la incorporación intensiva y extensiva de las TIC en las decisiones sobre infraestructura, software, formación y aplicaciones que puedan requerirse en las diferentes actividades de la organización y por otra, aquellas que atañen a las tecnologías emergentes implementadas para la elaboración de productos o servicios. De esta manera, la relación entre las TIC y la generación de valor depende fundamentalmente de la mejora de los procesos de gestión de la información, permitiendo a las organizaciones satisfacer los requisitos de sus clientes y aumentar su desempeño [1].

Los sistemas de información permiten a la empresa tomar mejores decisiones, aumentar su eficiencia y brindar mejor servicio al cliente. Desde una perspectiva de negocios, un sistema de información es una importante herramienta que puede generar valor para la empresa y sus clientes. Es por ello, que los sistemas de información, particularmente los softwares de gestión empresarial, permiten que muchas más personas tengan acceso a la información y la compartan, para reemplazar los pasos secuenciales con tareas que se pueden realizar en forma simultánea y mediante la eliminación de tareas repetidas e ineficientes [2].

Para tener un sistema de información apropiado, es conveniente la participación de los usuarios en la definición de los requerimientos ya que facilita la recolección de hechos y contribuciones valiosas. Los usuarios son quienes emplearán el sistema y por ello tendrán un interés legítimo en involucrarse en su desarrollo [3].

2.2. Análisis de valor agregado de actividades

Para lograr identificar las actividades que generan un agregado de valor se puede implementar la metodología sistemática propuesta por Lawrence Miles (1989) denominada Análisis de Valor Agregado de Actividades [4]. Esta consiste en un análisis detallado de cada fase de un proceso para determinar si contribuye a las necesidades o requisitos de las partes interesadas. Persigue la eliminación de actividades que no generan valor en los procesos de la organización, la combinación de actividades que no pueden ser eliminadas y el mejoramiento de las restantes actividades que no generan valor [5].

En el análisis se deben identificar los distintos tipos de actividades, según se detalla a continuación:

- Actividades de valor agregado para el cliente (VAC): generan valor al cliente y está dispuesto a pagar por ellas.
- Actividades de valor agregado para la organización (VAO): generan valor a la organización y es el resultado del beneficio ofrecido al cliente.
- Actividades sin valor agregado (SVA): no contribuyen a satisfacer a los clientes internos o externos y deben eliminarse o reducirse sin afectar los productos o servicios de la organización. Estas son las actividades de inspección, revisión, espera, archivo y movimiento. [6]

2.2 Herramientas de análisis

Las representaciones gráficas de un proceso contribuyen a mejorar su análisis ya que permiten su desglose en actividades más específicas y detalladas. De esta manera facilita la identificación de las actividades que generan valor a los clientes y la organización de las que no lo hacen. Los diagramas de flujo se utilizan para obtener una visión global de un proceso, son una representación gráfica de la secuencia de actividades que lo conforman y facilitan la identificación de las diferentes áreas que intervienen en cada fase. Para un análisis más detallado de los procesos es necesario descomponerlo en todas las actividades que lo conforman e identificar su tipología o naturaleza. Se emplean los cursogramas analíticos que permiten determinar de forma concreta las actividades de operación, transporte, almacenamiento, demora e inspección; facilitando la identificación de las actividades que generan valor añadido de las que no. Además, estos diagramas, viabilizan comparar los procesos actuales con los desarrollados e identificar concretamente las mejoras obtenidas. Otra herramienta importante para el análisis del proceso es el Diagrama de espina de pescado que permite identificar los puntos críticos o de mejora, determinar las causas que originan los problemas detectados y establecer su relación causa-efecto. [7]

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo y la consecución del objetivo planteado, se adopta una metodología basada en un estudio de caso efectuado en una organización de salud de la ciudad de Mar del Plata.

Los pasos a seguir para su elaboración se enumeran a continuación:

- Paso 1: Caracterización del proceso actual de facturación y cobros. Se relevan las fases del proceso y sus interacciones mediante la utilización de un diagrama de flujo.
- Paso 2: Análisis del valor agregado de las actividades del proceso actual. Se analizan en forma detallada las actividades que componen el proceso y su naturaleza, con el objetivo de poder distinguir aquellas que aportan valor de las que no. Para ello, se desarrollan cursogramas analíticos derivados del proceso relevado en el paso anterior.
- Paso 3: Identificación de problemas o puntos de mejora. En función del estudio previo, se detectan los puntos críticos del proceso mediante un análisis de causa-efecto utilizando el diagrama espina de pescado.
- Paso 4: Propuesta de mejora del proceso actual. En función de los puntos críticos detectados, se formula un conjunto de mejoras al proceso actual. El proceso con las mejoras propuestas se representa por medio de un diagrama de flujo.
- Paso 5: Análisis del valor agregado de las actividades del proceso propuesto: A partir de la implementación de las mejoras propuestas, se elaboran los nuevos cursogramas analíticos para poder determinar de forma detallada el aporte al agregado de valor del proceso perfeccionado. Se realiza un análisis comparativo del agregado de valor generado por el proceso original y el propuesto.

Para la ejecución de los pasos anteriores se efectúan visitas in situ y entrevistas programadas con los actores involucrados en el proceso analizado. Todos ellos mostraron muy buena disposición y gran interés en participar en las actividades propuestas.

4. APLICACIÓN Y RESULTADOS

4.1 La estructura organizacional y las decisiones gerenciales

La organización bajo estudio es una fundación dedicada a brindar un servicio especializado de salud mental para personas que hacen uso indebido de drogas. Posee tres modalidades de tratamiento: hospital de día, de medio día turno tarde y de medio día turno vespertino, cubriendo la franja horaria de 9 a 21 horas de lunes a viernes. Actualmente está trabajando al 75% de su capacidad instalada. El proceso de servicio varía según las tres modalidades de tratamiento y su duración oscila entre 2 a 3 años, según la evolución de cada paciente. Esta variación se debe a que es un servicio de salud altamente personalizado según las características y necesidades terapéuticas de cada uno. Los tratamientos brindados son cubiertos por obras sociales, prepagas o servicios de salud que posee cada paciente o en caso de no ser así, son abonados en forma particular. La estructura organizacional fue modificándose, desde su apertura en el año 2013, según el crecimiento del número de pacientes atendidos. El actual organigrama de la empresa se presenta en la Figura 1. Se evidencia una estructura de tamaño pequeño con una departamentalización por funciones. Posee una dotación de 8 trabajadores distribuidos en los diferentes niveles y dos asesores externos.

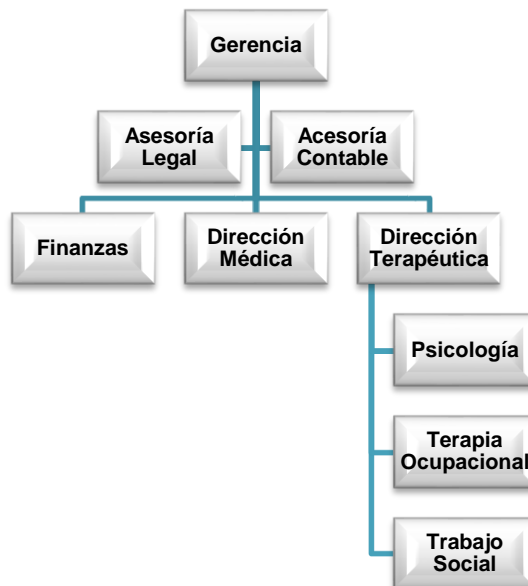


Figura 1. Organigrama actual

Las decisiones estratégicas son tomadas por la Gerencia, y en sus comienzos, al ser una organización pequeña esta área también se encargaba de algunas tareas y toma de decisiones de los mandos medios. Debido al incremento de pacientes atendidos estas decisiones, en su mayoría, han sido delegadas a las áreas correspondientes. Es por ello, que la definición de los lineamientos tácticos y la toma de decisiones de cada área es crucial para el funcionamiento la organización y su sustentabilidad futura.

4.2 El proceso de facturación y cobro

El proceso de facturación y cobro es efectuado por el Tesorero de la Fundación y se encarga de las funciones principales del área de finanzas. El proceso se realiza una vez por mes y varía según la cobertura médica de los pacientes y la forma de pago. En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo del proceso analizado para una comprensión y visualización global de las actividades que lo componen.

Se observa que la facturación del servicio se realiza en tres formas dependiendo si el cliente posee cobertura mediante una Entidad de Cobertura Médica (ECM), si paga el servicio de forma particular o si su ECM se lo reintegra luego de realizar el pago correspondiente. A su vez, existen ECM que requieren para el pago la entrega de documentación desde la organización y en otras esta documentación las debe entregar el paciente. Con respecto a la modalidad de pago, los clientes particulares en su mayoría lo efectúan en efectivo y las obras sociales mediante cheques o transferencias bancarias. Las actividades de espera que se identifican no dependen de la organización, ya que son tiempos que dependen de los pacientes o ECM.

Las TIC implementadas en este proceso son escasas y poco eficientes. La facturación se emite mediante la plataforma de la AFIP y toda la documentación requerida se imprime para su entrega al paciente o ECM. Las copias de estos documentos son archivadas de forma física y electrónica. El archivo electrónico solo se encuentra a disposición del área de finanzas ya que la organización no posee un software de gestión integral.

El encargado de este proceso no posee formación ni capacitación acorde a las funciones que desempeña. Si bien durante el comienzo de las actividades esta persona pudo cumplir en forma adecuada sus funciones, con el crecimiento del número de clientes atendidos esta tarea no se está desarrollando según las necesidades de la organización. El retraso en la entrega de la facturación, los errores en la documentación entregada, las falencias en la información y las actividades del área son los principales problemas que se enfrenta, poniendo en riesgo la competitividad y sustentabilidad futura.

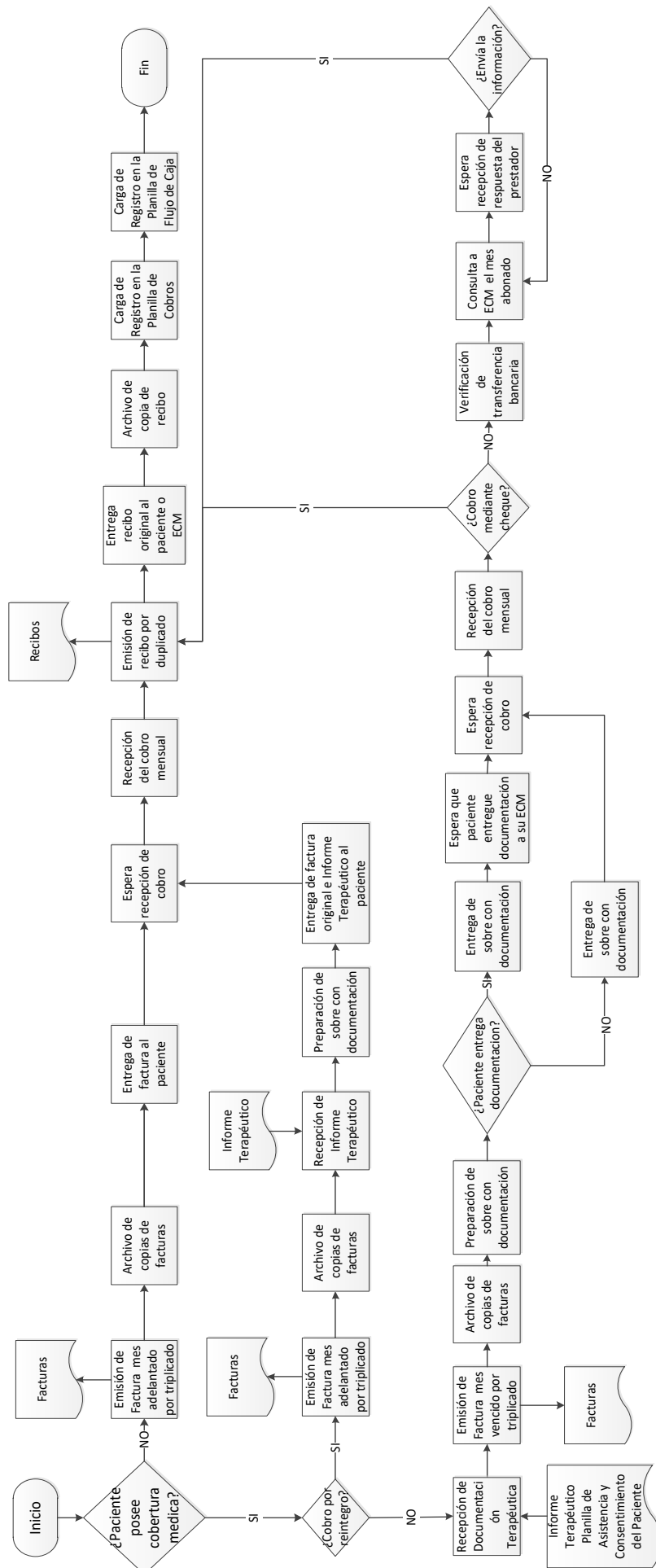


Figura 2. Proceso de Facturación y Cobro actual

4.3 Análisis del valor agregado del proceso actual

Para la realización del análisis de valor agregado, se realiza un relevamiento detallado de todas las actividades que forman parte del proceso analizado. En función de las diferentes alternativas del proceso se elaboraron seis cursogramas analíticos con la naturaleza de cada actividad y su aporte de valor. Se elaboran los cursogramas de:

1. Proceso de facturación y cobro para pacientes sin cobertura o particulares.
2. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura y pago por reintegro.
3. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante cheque.
4. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria.
5. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que no deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante cheque.
6. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que no deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria.

A modo de ejemplo, en la Figura 3 se presenta el cursograma del proceso 4.

Cursograma Analítico Operario										
Proceso: Facturación y cobro para pacientes con cobertura que deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria Método: Actual	Resumen									
	Actividad	Actual	Propuesto	Economía						
	Operación ○	7								
	Transporte ⇨	1								
	Demora D	3								
	Inspección □	2								
	Almacén ▽	2								
	Tiempo Total[min]	55,25								
	VAC	4								
	VAO	4								
SVA	7									
Actividad	Observaciones	○	⇨	D	□	▽	Tiempo [min]	VAC	VAO	SVA
Recepción de Documentación Terapéutica	Del Área Terapéutica		x				2			x
Emisión de Factura del mes por vencido	En sistema de AFIP y por triplicado	x					10		x	
Archivo de copias de facturas						X	2			x
Preparación sobre con documentación		x					3	x		
Entrega de Factura y Documentación Terapéutica al paciente	Original	x					1	x		
Espera que paciente entregue documentación a su ECM				x			0			x
Espera recepción de cobro				x			0			x
Verificación de cobro mediante transferencia bancaria	En banca digital				x		5		x	
Verificación con ECM el mes abonado que se transfirió					x		15			x
Espera recepción de respuesta de ECM				x			0			x
Emisión del recibo	En formato papel y por duplicado	x					1	x		
Entrega del Recibo a paciente	Original	x					0,25	x		
Archivo de copia del recibo						X	2			x
Carga de registro en la planilla de cobros	En planilla electrónica	x					7		x	
Carga de registro en la planilla de flujo de caja	En planilla electrónica	x					7		x	
Totales		7	1	3	2	2	55,25	4	4	7

Figura 3. Cursograma analítico Proceso 4

En las Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se presenta el análisis de agregado de valor de los seis procesos analizados. Respecto a la cantidad de actividades, se puede observar que todos los procesos poseen un porcentaje comprendido entre 30 y 38% de actividades sin valor agregado. Analizando el tiempo de las actividades, los procesos 2, 4 y 6 son los que reportan un menor tiempo de actividades que generan valor.

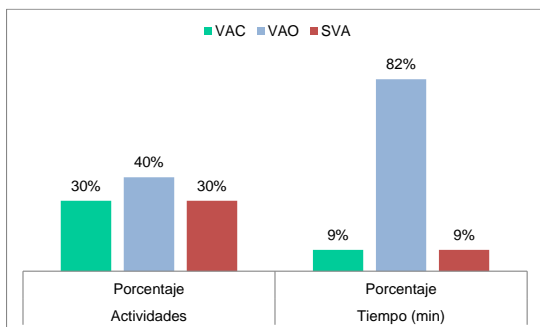


Figura 4. Análisis del Valor Agregado Proceso 1

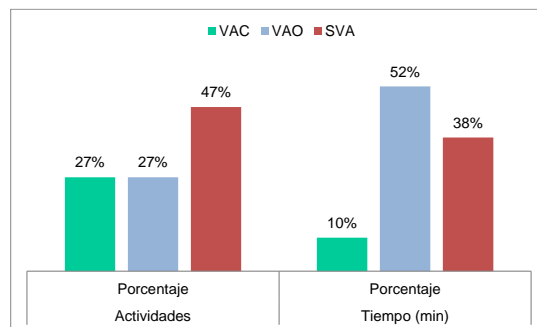


Figura 7. Análisis del Valor Agregado Proceso 4

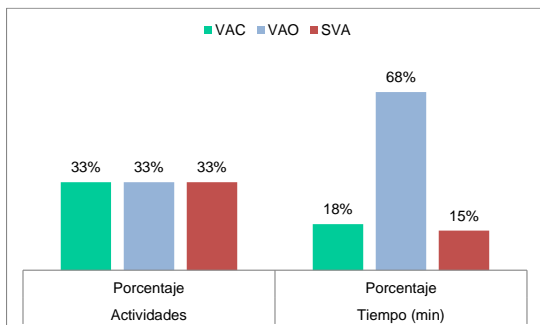


Figura 5. Análisis del Valor Agregado Proceso 2

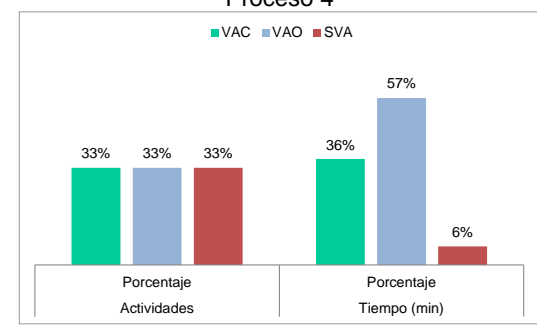


Figura 8. Análisis del Valor Agregado Proceso 7

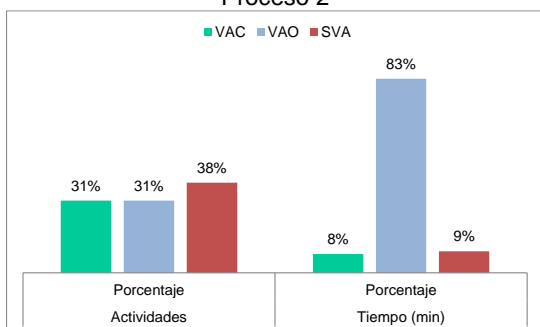


Figura 6. Análisis del Valor Agregado Proceso 3

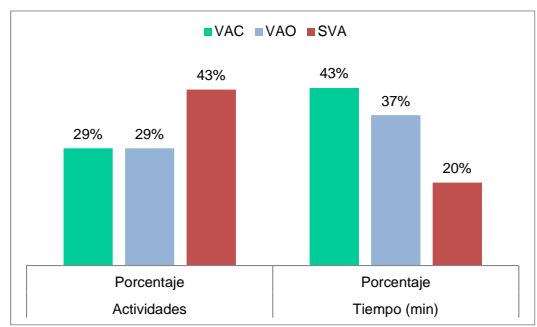


Figura 9. Análisis del Valor Agregado Proceso 6

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de valor agregado del proceso total con todas sus variantes. Se evidencia que el 38% de las actividades no generan valor al cliente ni a la organización, proporción mayor que las actividades que generan valor al cliente (30%) y a la organización (32%). En el análisis del tiempo, se observa que el 84% de las actividades aportan valor al cliente y a la organización y el tiempo total del proceso es de 367 minutos, por lo que el tiempo de las actividades sin valor agregado representa el 16% del total de este tiempo.

Tabla 1. Análisis del Valor Agregado del proceso total actual

Análisis de Valor	Actividades		Tiempo (min)	
	Cantidad	Porcentaje	Total	Porcentaje
VAC	23	30%	89,00	24%
VAO	24	32%	220,00	60%
SVA	29	38%	58,00	16%
Total	76	100%	367,00	100%

4.4 Identificación de problemas

Se realizan entrevistas al encargado de Finanzas y al Gerente de la organización, en las mismas se explicita y detalla el análisis del valor agregado del proceso de facturación y cobros y en base a este análisis se detectan en forma conjunta una serie de problemas o puntos de críticos que requieren ser solucionados para mejorar el desempeño del proceso en términos de agregado de valor.

Los principales problemas revelados son:

1. El proceso no se realiza de forma sistemática.
2. Falta de automatización del proceso.
3. No se genera documentación digital.

4. El envío de documentación en papel y presencial genera importantes demoras.
5. Existen demoras en para el cobro del servicio.
6. El proceso de cobro por cheque o contado genera mayor complejidad y tiempo requerido.
7. No existe disponibilidad de información en tiempo real para la gerencia y el área.
8. El personal tiene un bajo nivel de capacitación.
9. El personal posee sobrecarga de trabajo.
10. Existe carga de datos duplicados y varias verificaciones de información.

En base a estos problemas, se elabora el diagrama de espina de pescado con la finalidad de organizar esta información en categorías (Figura 10) y facilitar la detección de las relaciones causa-efecto.

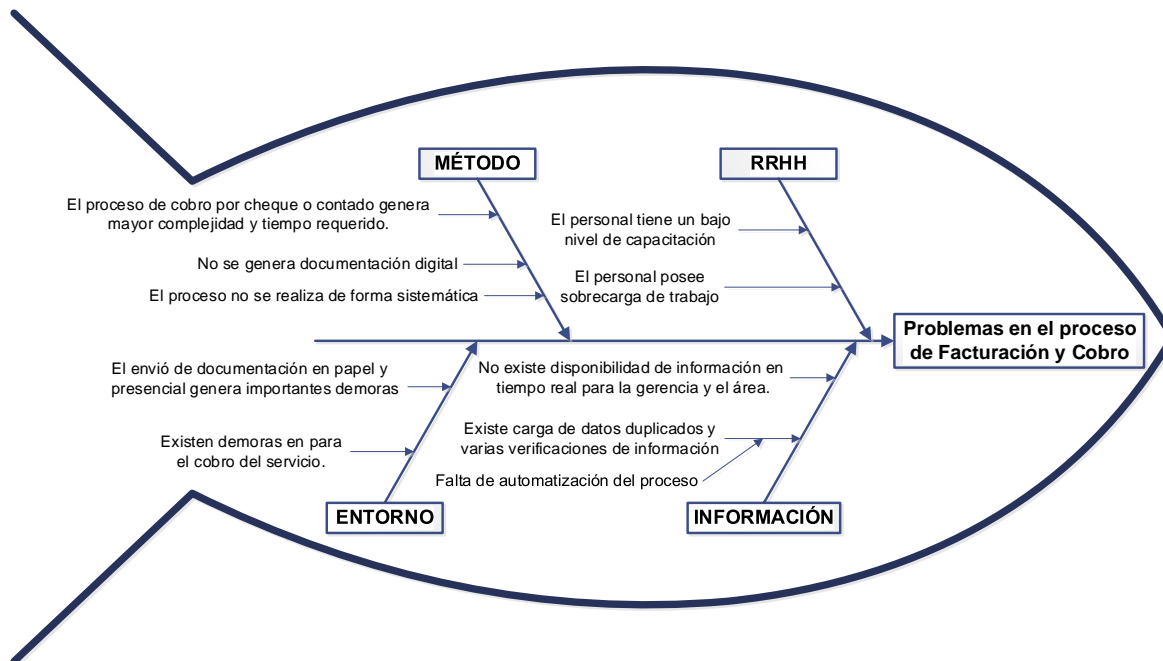


Figura 10. Diagrama espina de pescado

4.5 Proceso propuesto

En función del análisis de causas realizado en el paso anterior se proponen las siguientes mejoras al proceso de facturación y cobro de la organización:

- Incorporación de un software de gestión que permita automatizar y sistematizar el proceso, evitar la duplicidad de carga de datos, generar documentación digital y la disponibilidad de información en tiempo y forma para la toma de decisiones.
- Contratación de un empleado capacitado de tiempo parcial que se dedique exclusivamente al proceso de facturación y cobro, como también al seguimiento de los cobros y reclamos.
- Adoptar como única modalidad de pago la transferencia o depósito bancario con el objetivo de evitar pérdidas de tiempo y sobrecarga de trabajo al personal.
- Realizar el envío de los recibos de manera digital.

No está al alcance de la organización la modificación de los dos problemas derivados del entorno, ya que se originan por los métodos de trabajo y requerimientos de las ECM.

El proceso resultante de facturación y cobro a partir de la implementación de los cambios propuestos se presenta en la Figura 11

Al precisar una única modalidad de cobro, se puede observar la supresión de dos de las alternativas del proceso de facturación y cobro, quedando un total de cuatro. La incorporación del software de gestión permite eliminar la carga de datos duplicada y la generación de documentación digital suprime las actividades de archivo de documentación. El envío del recibo digital desde el sistema de gestión reduce considerablemente las actividades requeridas en la última etapa del proceso.

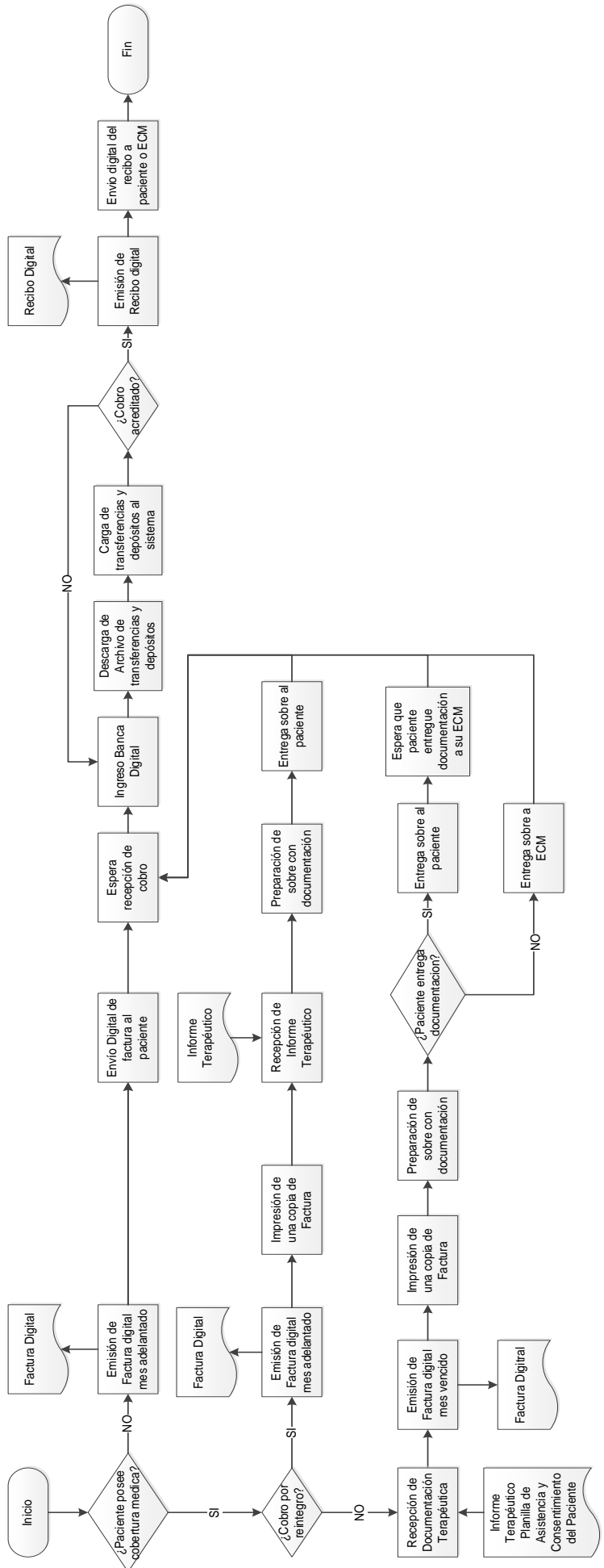


Figura 11. Proceso de Facturación y Cobro propuesto.

4.6 Análisis del valor agregado del proceso propuesto

Luego de la implementación del proceso propuesto, se realiza un relevamiento detallado de todas las actividades con el objetivo de analizar el valor agregado que este genera. En función de las diferentes alternativas del proceso se elaboraron cuatro cursogramas de:

1. Proceso de facturación y cobro para pacientes sin cobertura o particulares.
2. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura y pago por reintegro.
3. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria.
4. Proceso de facturación y cobro para pacientes con cobertura que no deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria.

A modo de ejemplo, en la Figura 12 se presenta el cursograma del proceso 3. Este proceso ha logrado disminuir cuatro actividades que no generan valor al cliente ni a la organización y reducir considerablemente el tiempo requerido para el proceso (71,5%).

Cursograma Analítico Operario										
Proceso: Facturación y cobro para pacientes con cobertura que deben entregar la documentación a su ECM y cobro mediante transferencia bancaria Método: Propuesto		Resumen								
		Actividad	Actual	Propuesto	Economía					
		Operación O	7	7	-					
		Transporte ⇒	1	2	-					
		Demora D	3	2	1					
		Inspección □	2	1	1					
		Almacén ∇	2	0	2					
		Tiempo Total[min]	55,25	15,75	39,5					
		VAC	4	4	-					
		VAO	4	4	-					
SVA	7	3	4							
Actividad	Observaciones	O	⇒	D	□	∇	Tiempo [min]	VAC	VAO	SVA
Recepción de Documentación Terapéutica	Del Área Terapéutica		x				2			x
Emisión de Factura Digital del mes vencido	En sistema de gestión integrado con AFIP	x					2		x	
Preparación sobre con documentación		x					3	x		
Entrega de documentación al paciente	Original	x					1	x		
Espera que paciente entrega de documentación a ECM				x			0			x
Espera recepción de cobro				x			0			x
Descarga archivo de transferencias y depósitos	En banca digital	x	x				1		x	
Carga de transferencias y depósitos	En sistema de gestión integrado	x					5		x	
Verificación del cobro del servicio	En sistema de gestión integrado				x		0,25		x	
Emisión del recibo digital	En sistema de gestión integrado	x					1	x		
Envío digital del recibo al paciente	Mediante el sistema de gestión	x					0,5	x		
Recepción de Documentación Terapéutica	Del Área Terapéutica		x				2			x
Emisión de Factura Digital del mes vencido	En sistema de gestión integrado con AFIP	x					2		x	
Preparación sobre con documentación		x					3	x		
Entrega de documentación al paciente	Original	x					1	x		
Totales		7	2	2	1	0	15,75	4	4	3

Figura 12. Cursograma analítico Proceso 3 (propuesto)

En las Figuras 13, 14, 15 y 16 se presenta el análisis de agregado de valor de los cuatro procesos observados. Respecto a la cantidad de actividades, se evidencia que todos los procesos poseen un porcentaje que no supera el 27% de actividades sin valor agregado. Evaluando el tiempo de las actividades, los procesos 2 y 3 son los que reportan un menor tiempo de actividades que generan valor.

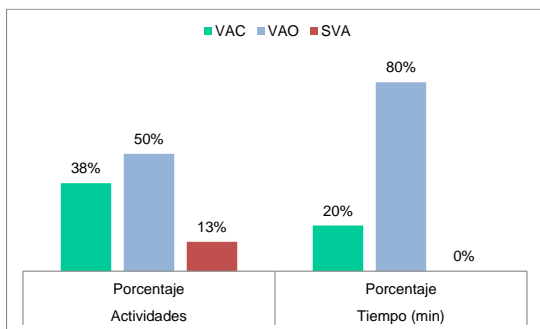


Figura 13. Análisis del Valor Agregado Proceso 1 (propuesto)

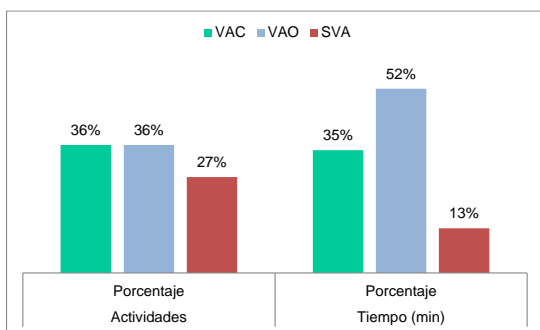


Figura 15. Análisis del Valor Agregado Proceso 3 (propuesto)

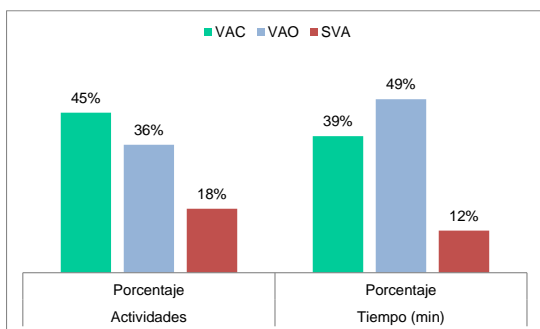


Figura 16. Análisis del Valor Agregado Proceso 4 (propuesto)

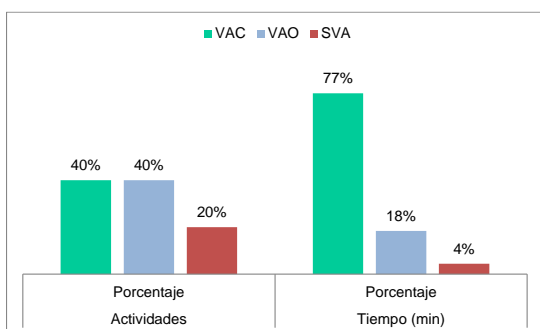


Figura 14. Análisis del Valor Agregado Proceso 2 (propuesto)

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis de valor agregado del proceso total propuesto, con todas sus variantes. Se evidencia que el 20% de las actividades no generan valor al cliente ni a la organización, proporción menor que las actividades que generan valor al cliente (40%) y a la organización (40%). Respecto del tiempo, se observa que el 93% de las actividades aportan valor al cliente y a la organización y el tiempo total del proceso es de 87,5 minutos, solo el 7% del total de ese tiempo es determinado por las actividades sin valor agregado.

Tabla 2. Análisis del Valor Agregado del proceso total propuesto

Análisis de Valor	Actividades		Tiempo (min)	
	Cantidad	Porcentaje	Total	Porcentaje
VAC	16	40%	48,5	55%
VAO	16	40%	33	38%
SVA	8	20%	6	7%
Total	40	100%	87,5	100%

Al comparar el proceso propuesto con el original, se observa que la implementación de las mejoras planteadas permite una reducción de un 47,4% de la cantidad de actividades que lo componen y un 76,2% del tiempo total requerido para su desarrollo. Respecto al análisis de valor agregado, se evidencia una reducción del 18% de la cantidad actividades que no aportan valor y un aumento del 10% y 8% de las actividades que agregan valor al cliente y a la organización respectivamente. Analizando la variable tiempo, se alcanza una reducción del 9% del tiempo de las actividades sin valor y 22% del tiempo de actividades que generan valor a la organización, mientras que el tiempo de actividades que generan valor al cliente aumenta en un 31%.

5. CONCLUSIONES

La metodología propuesta evidencia ser efectiva en la mejora del valor agregado del proceso de facturación y cobros de la empresa bajo estudio. El estudio de procesos ha permitido relevar y analizar detalladamente las actividades que componen el proceso y ofrecen información de entrada para realizar el análisis de valor agregado. Este análisis hizo posible la detección de las actividades que agregan valor al cliente, a la organización y las que no lo hacen, permitiendo identificar los puntos críticos y posibilidades de mejoras del proceso estudiado. En función de este análisis, se propone un conjunto de cambios destinados a eliminar los problemas detectados. La incorporación de las TICs al proceso, mediante el uso de un software de gestión, ha reportado un cambio significativo en el método de trabajo, reduciendo actividades innecesarias y duplicadas y permitiendo el acceso a la información necesaria para la toma de decisiones. El ingreso a la organización de una persona capacitada para realizar este proceso ha sido un cambio fundamental ya que cuenta con los conocimientos necesarios para el desarrollo de las actividades como así también para su continuo análisis y mejora.

Se ha demostrado que la mejora propuesta ha aumentado de forma significativa la eficiencia del proceso y el valor agregado generado para el cliente y la organización. De esta manera, se concluye que la metodología presentada para la generación de valor en el proceso de facturación y cobro ha generado resultados con impacto positivo para la organización y sus clientes, favoreciendo su competitividad y sostenibilidad futura.

6. REFERENCIAS

- [1] Albors, J.; Hervas, J.L.; Marquez P. (2006) "Adopción contingente de tecnología de producción en el sector cerámico español. Un estudio empírico". *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica*, Vol. 5, núm.5, pp 338-345. Madrid, España.
- [2] Laudon K. C.; Laudon, J. P. (2012) *Sistemas de información gerencial*. México. 12va. Edición. Pearson Educación. México.
- [3] Cáceres, E. A. (2014). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. FACSO-UNSJ. Disponible en: <http://www.facso.unsj.edu.ar/catedras/ciencias-economicas/sistemas-de-informacion-II/documentos/aydise14.pdf>. Acceso el 24 de mayo de 2019.
- [4] Miles, L.D. (1989) *Techniques of value analysis and engineering* 3ra. Edición. McGraw-Hill. Estados Unidos.
- [5] Hernández Oro, R. M.; Medina León, A. A.; Hernández Pérez, G. D. (2012). "Mejoramiento de procesos clave a través del análisis del valor añadido en empresas de base tecnológica de producciones por proyecto del sector hidráulico en Cuba". *Revista Científica Visión de Futuro*. Vol. 16, núm. 1. Misiones, Argentina.

- [6] Trishler, W. E. (1998). *Mejora del valor añadido en los procesos. Ahorrando tiempo y dinero eliminando el despilfarro*. Barcelona. Ediciones Gestión S.A. Barcelona, España.
- [7] Castillo Benavides, L. V. (2015). “Propuesta de mejora en el área de cobranzas para recuperación de cartera vencida. Caso: Actuaría Consultores Cía. Ltda.” *Trabajo de titulación previa la obtención del título de Ingeniería Comercial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Quito, Ecuador.*

Mejora del proceso de seguimiento de cobros y reclamos en una organización de salud mediante simulación dinámica

Mortara, Verónica*; Tabone, Luciana; Zanfrillo, Alicia ⁽¹⁾; Morcela, Antonio

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Av.J.B Justo 4302 (7600) | Mar del Plata| Buenos Aires | Argentina.
vmortara@fi.mdp.edu.ar*

*(1) Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Dean Funes 3250 (7600) | Mar del Plata | Buenos Aires | Argentina.*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el diseño de un proceso sistematizado para el seguimiento de cobros y reclamos de una organización que presta servicios de salud especializados en la prevención, atención y reinserción social de personas que hacen un uso indebido de drogas. El principal problema detectado es el retraso en el cobro de los de los servicios prestados. Esta demora, trae aparejados inconvenientes de liquidez por no poder afrontar la totalidad de las obligaciones y compromisos financieros en el corto plazo. Esta situación pone en riesgo su solvencia futura y, por ende, su supervivencia a largo plazo. El proceso varía en función de las tres modalidades de tratamiento brindadas y del tiempo de retraso del cobro. Se relevan las actividades involucradas y sus tiempos para la modelación y estudio del comportamiento del sistema actual aplicando simulación dinámica. Mediante el análisis de los resultados de la simulación del proceso actual se identifican las oportunidades de cambio y en función de ellas se plantea una propuesta de mejora tendiente a solucionar la problemática presentada. Se simula esta propuesta y se la compara con la situación actual. Respecto de los resultados obtenidos considerando los estados de deudas procesados durante un año, se logra una respuesta de 96,67% a los reclamos. Analizando los tiempos requeridos en que se efectúan las regularizaciones, las deudas son canceladas en un periodo que varía entre 5 y 7 meses. Contrastando el proceso propuesto con el actual, la implementación de las mejoras planteadas permite un aumento de un 200% de la cantidad de deudas regularizadas y un acrecentamiento del 1,67% de la eficiencia del proceso. Asimismo, el tiempo de regularización de las deudas de más de 5 meses de entidades de cobertura médica se reduce en un 48,82% y las de particulares en un 52,82%. Se concluye que la alternativa de mejora del proceso estudiado permitirá recuperar las percepciones vencidas en el menor tiempo posible y generar un agregado de valor a la organización.

Palabras claves: mejora de procesos, simulación dinámica, agregado de valor, servicios de salud.

ABSTRACT

The objective of this work is to shown the design of a systematized process for monitoring the collections and claims of an organization that provides specialized health services in the prevention, care and social reintegration of people who abuse drugs. The main problem detected is the delay in the collection of the services provided. This delay brings with it liquidity drawbacks due to not being able to meet all of the financial obligations and commitments in the short term. This situation puts the organization's future solvency at risk and, therefore, their long-term survival. This process varies depending on the three treatment modalities provided and the delay in payment. The activities involved and their times are relieved for the modeling and study of the behavior of the current system applying dynamic simulation. By analyzing the results of the simulation of the current process, opportunities for change are identified and based on them, an improvement proposal is made to solve the problem presented. This proposal is simulated and is compared with the current situation. Regarding the results presented and considering the status of debts processed, a response of 96.67% to the claims was achieved. Analyzing the times in which the regularizations are made, the debts are canceled in a period that varies between 5 and 7 months. Contrasting the proposed process with the current one, the implementation of the proposed improvements allows an increase of 200% in the amount of regularized debts and an increase of 1.67% in the efficiency of the process. Also, the time for regularization of debts of more than 5 months of medical coverage entities is reduced by 48.82% and particulars by 52.82%. In conclusion, the alternative to improve the studied process will allow the recovery of overdue perceptions in the shortest possible time and generate an added value to the organization.

Keywords: process improvement, dynamic simulation, added value, health services.

1. INTRODUCCIÓN

La mejora de los procesos y servicios brindados a los clientes se han convertido en una tarea fundamental para las organizaciones que buscan mantenerse en el entorno competitivo actual. Para ello es necesario el desarrollo de una cultura orientada a la gestión de procesos, el trabajo en equipo, la incorporación de tecnologías, la participación del personal y la innovación.

Se toma como caso de estudio a una organización de salud de la ciudad de Mar del Plata que presta servicios especializados en la prevención, atención y reinserción social de personas que hacen un uso indebido de drogas. Frente a la necesidad de mantener la competitividad, liquidez y sostenibilidad futura de la organización se considera imperioso la incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) para sistematizar y facilitar los procesos de finanzas y permitir la toma de decisiones más certeras.

El objetivo de este trabajo es el estudio del proceso de seguimiento y reclamos de cobros con el propósito de encontrar oportunidades de mejora que aumenten la eficiencia y la generación de valor. Se caracteriza el proceso actual mediante diagramas de flujo y posteriormente mediante una simulación dinámica se analiza el comportamiento del proceso en tiempo real, con la finalidad de detectar los puntos críticos y de mejora que agreguen valor a la organización. Con el objetivo de solucionar las falencias detectadas se realiza una propuesta de mejora al proceso actual. Se modela y se simula el nuevo proceso con el propósito de que ambos sean susceptibles de comparación. Se analiza la información estadística obtenida y se contrasta punto a punto si se han obtenido los resultados deseables y aceptables que justifiquen la implementación de la mejora propuesta.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Los sistemas de información y el agregado de valor

El estudio del agregado de valor implica analizar los procesos en los niveles estratégico, táctico y operativo de las organizaciones y su cadena de valor. Entre los procesos que crean valor para el cliente se destacan aquellos relacionados con la incorporación de tecnología: por una parte se pueden identificar las que se relacionan con la incorporación intensiva y extensiva de las TIC en las decisiones sobre infraestructura, software, formación y aplicaciones que puedan requerirse en las diferentes actividades de la organización y por otra, aquellas que atañen a las tecnologías emergentes implementadas para la elaboración de productos o servicios. De esta manera, la relación entre las TIC y la generación de valor depende fundamentalmente de la mejora de los procesos de gestión de la información, permitiendo a las organizaciones satisfacer los requisitos de sus clientes y aumentar su desempeño. [1]

Los sistemas de información permiten a la empresa tomar mejores decisiones, aumentar su eficiencia y brindar mejor servicio al cliente. Desde una perspectiva de negocios, un sistema de información es una importante herramienta que puede generar valor para la empresa y sus clientes. Es por ello, que los sistemas de información, particularmente los softwares de gestión empresarial, permiten que muchas más personas tengan acceso a la información y la compartan, para reemplazar los pasos secuenciales con tareas que se pueden realizar en forma simultánea y mediante la eliminación de tareas repetidas e ineficientes. [2]

Para tener un sistema de información apropiado, es conveniente la participación de los usuarios en la definición de los requerimientos ya que facilita la recolección de hechos y contribuciones valiosas. Los usuarios son quienes emplearán el sistema y por ello tendrán un interés legítimo en involucrarse en su desarrollo. [3]

2.2 Diagramas de flujo

Las representaciones gráficas de un proceso contribuyen a mejorar su análisis ya que permiten su desglose en actividades más específicas y detalladas. De esta manera facilita la identificación de las actividades que generan valor a los clientes y la organización de las que no lo hacen. Los diagramas de flujo se utilizan para obtener una visión global de un proceso, son una representación gráfica de la secuencia de actividades que lo conforman y facilitan la identificación de las diferentes áreas que intervienen en cada fase. Para un análisis más detallado de los procesos es necesario descomponerlo en todas las actividades que lo conforman e identificar su tipología o naturaleza. Además, estos diagramas, viabilizan comparar los procesos actuales con los desarrollados e identificar concretamente las mejoras obtenidas. [4]

2.3 Simulación dinámica

La complejidad de las operaciones en los sistemas y procesos requiere de modelos que se ajusten a esta realidad y que permitan un análisis profundo y detallado. Como el número de factores a ser considerados en la toma de decisiones sobre los procesos son elevados, se suele recurrir a herramientas informáticas a fin de que contribuyan a encontrar la mejor solución. La simulación es un método que le permite al decisor estudiar el comportamiento de un sistema real experimentando

con un modelo que lo representa, modelo de simulación. Su objetivo es la ejecución del mismo a través del tiempo, para generar mediciones de determinados valores de eficiencia del sistema.

El comportamiento del sistema se obtiene mediante el registro de los procesos que se desarrollan y la interacción entre sus componentes, ayudando en la mejora de éste. Utilizando un software de simulación es posible describir el comportamiento dinámico de los procesos a lo largo del tiempo considerando además a los procesos en forma estocástica, lo que significa que se puede estudiar la ocurrencia de los acontecimientos en forma aleatoria. Es decir, el desarrollo del proceso y el rendimiento de los recursos en reacción a los cambios o fluctuaciones de ciertos parámetros del entorno o del sistema [5]. El software Process Simulator® permite realizar simulaciones dinámicas de procesos y funciona como un *add-in* para el Microsoft Visio®. Los resultados de la simulación proporcionan ideas que apoyan las decisiones en el diseño del proceso o la provisión de recursos con el objetivo de mejorar factores como el desempeño del proceso, la calidad del proceso y del producto, la satisfacción del cliente o la utilización de recursos. [6]

3. METODOLOGÍA

La metodología implementada para el desarrollo del presente trabajo y el cumplimiento del objetivo planteado consiste en un estudio de caso realizado en una organización de salud de la ciudad de Mar del Plata.

A continuación, se enumeran los pasos a seguir para su realización:

- Paso 1: Caracterización del proceso actual de seguimiento de cobros y reclamos. Se relevan las fases del proceso, sus tiempos e interacciones mediante la utilización de un diagrama de flujo.
- Paso 2: Análisis del proceso actual. El proceso se representa mediante un modelo de simulación dinámica utilizando el software Process Simulator®. Se analiza el comportamiento del sistema en tiempo real. Los resultados estadísticos obtenidos de la simulación se presentan mediante tablas y gráficos que facilitan la administración, manejo y análisis de la información.
- Paso 3: Identificación de oportunidades de mejora. En función del resultado de la simulación anterior, se detectan los puntos críticos o de mejora.
- Paso 4: Propuesta de mejora del proceso actual. Se proponen un conjunto de mejoras al proceso actual tendientes a solucionar los problemas detectados.
- Paso 5: Análisis del proceso propuesto: Se modela y simula el nuevo proceso con el fin de determinar de forma detallada el aporte de las mejoras definidas. Se realiza un análisis comparativo del proceso actual y el propuesto.

Para la implementación de los pasos anteriores se efectúan visitas in situ y entrevistas programadas con los actores involucrados en el proceso analizado, quienes mostraron gran interés y buena disposición para participar y colaborar activamente en las actividades propuestas.

4. APLICACIÓN Y RESULTADOS

4.1 La estructura organizacional y las decisiones gerenciales

La organización bajo estudio es una fundación dedicada a brindar un servicio especializado de salud mental para personas que hacen uso indebido de drogas. Posee tres modalidades de tratamiento: hospital de día, de medio día turno tarde y de medio día turno vespertino, cubriendo la franja horaria de 9 a 21 horas de lunes a viernes. Actualmente está trabajando al 75% de su capacidad instalada. El proceso de servicio varía según las tres modalidades de tratamiento y su duración oscila entre 2 a 3 años, según la evolución de cada paciente. Esta variación se debe a que es un servicio de salud altamente personalizado según las características y necesidades terapéuticas de cada uno. Es un tratamiento cubierto por obras sociales, prepagas o servicios de salud que posea cada paciente o en forma particular. Desde su apertura en el año 2013, su estructura organizacional fue modificándose, según el crecimiento de la cantidad de pacientes atendidos. El actual organigrama de la empresa se presenta en la Figura 1. Se evidencia una estructura de tamaño pequeño con una departamentalización por funciones. Posee una dotación de 8 trabajadores distribuidos en los diferentes niveles y dos asesores externos.

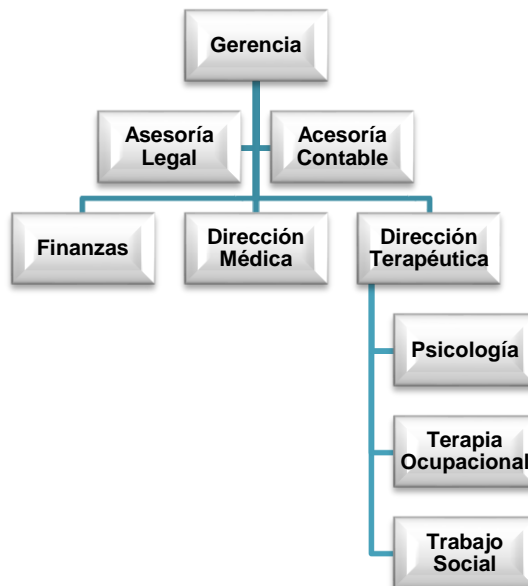


Figura 1. *Organigrama actual.*

Las decisiones estratégicas son tomadas por la Gerencia, y en sus comienzos, al ser una organización pequeña esta área también se encargaba de algunas tareas y toma de decisiones de los mandos medios. Debido al incremento del número de pacientes atendidos estas decisiones, en su mayoría, han sido delegadas a las áreas correspondientes. Es por ello, que la definición de los lineamientos tácticos y la toma de decisiones de cada área es crucial para el funcionamiento de la organización y su sustentabilidad futura.

4.2 El proceso de seguimiento de cobros y reclamos actual

Actualmente el proceso de seguimiento de cobros y reclamos es desarrollado por el Gerente de la Fundación con una frecuencia trimestral. El encargado de Finanzas se limita a la realización de las funciones básicas del área, ya que al desempeñarse a tiempo parcial no cuenta con el tiempo suficiente para desarrollo de este proceso. Según la cobertura médica de los pacientes y el tiempo de retraso del cobro, el proceso presenta una serie de variantes. Para una comprensión integral de las actividades que lo componen, en la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo del proceso analizado.

Como se puede observar, la facturación del servicio se realiza en función del tiempo de la deuda, la cobertura que el cliente posee, ya sea mediante una Entidad de Cobertura Médica (ECM), si paga el servicio de forma particular o su ECM se lo reintegra luego de realizar el pago correspondiente. Las actividades de espera que se identifican no dependen de la organización, ya que son tiempos en que dependen de los pacientes o ECM.

Las TIC implementadas en este proceso son escasas y poco eficientes. La documentación y las copias se emite y archivan de forma física. El registro de los pagos se realiza mediante el uso de planillas de cálculo electrónicas y únicamente a disposición de las áreas de finanzas y gerencial ya que no poseen un software de gestión integral.

Si bien durante el comienzo de las actividades de la organización el Gerente pudo desempeñar adecuadamente este proceso, con el crecimiento de la cantidad de clientes la tarea no se desarrolla según las necesidades de la organización. La baja frecuencia con que se realiza el seguimiento y reclamo de los cobros y la falta de disponibilidad de la información requerida para el desarrollo del proceso en tiempo y forma son los principales problemas que enfrenta la organización. Esto se traduce en significativos retrasos en el cobro de los de los servicios prestados, el 92% de los pagos se realizan con retrasos y en el 59% de los mismos las demoras son mayores a los 5 meses, alcanzando en los casos más desfavorables atrasos que llegan a 8 meses y más. Esta situación planeada genera inconvenientes de liquidez a la organización, debido a no poder afrontar la totalidad de las obligaciones y compromisos financieros en el corto plazo y, en consecuencia, poniendo en riesgo su solvencia futura y supervivencia a largo plazo.

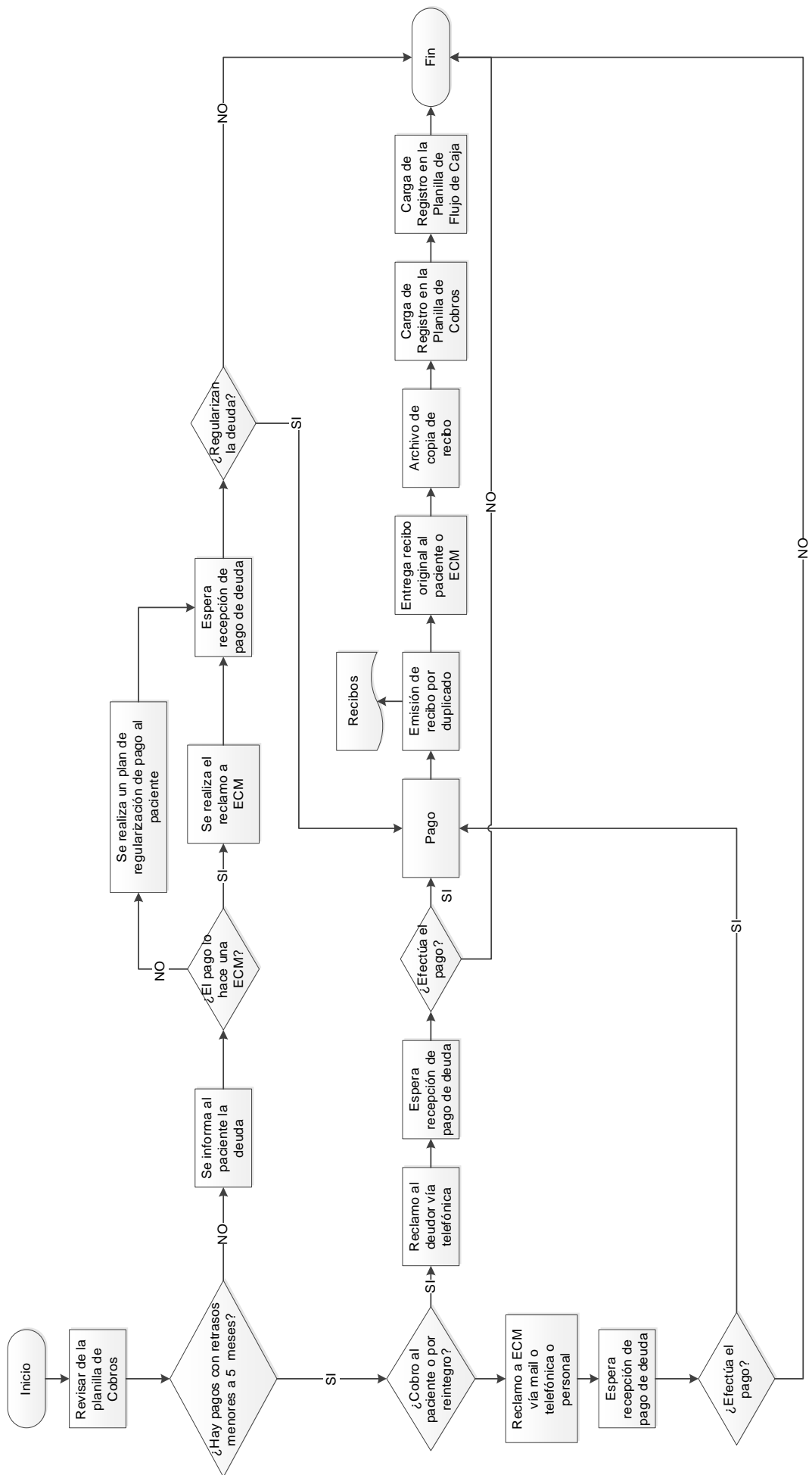


Figura 2. Proceso actual.

4.3 Análisis del proceso actual

Para el análisis del proceso actual, se realiza la simulación dinámica del modelo completo en Process Simulator®. El modelo fue construido en función de las actividades que componen el proceso, sus tiempos de ejecución y los recursos disponibles, con el fin obtener una representación realista y poder evaluar su comportamiento en el tiempo. Los componentes que se definen para el modelo de simulación son los siguientes:

- Las entidades son los estados de cuenta, los diferentes tipos de reclamos y los reclamos regularizados.
- Los arribos se definen solamente para las entidades que llegan al sistema que son los estados de cuenta. La frecuencia de llegada es de 30 cuentas cada 3 meses.
- El proceso se modela en función de las actividades relevadas en el diagrama de flujo y los tiempos estándar requeridos para cada una. Estos tiempos fueron proporcionados por la empresa.
- El Gerente es el único recurso incorporado para realizar las actividades y su cronograma de trabajo establecido es de lunes a viernes de 8 a 17 horas.
- Se simula el sistema para un período de un año (52 semanas).

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados del comportamiento de las entidades del proceso y el recurso simulado durante las 52 semanas simuladas.

Tabla 1: *Entidades actuales.*

Entidad	Cantidad	Tiempo promedio en sistema
Deudas regularizadas mayores a 5 meses	59	2.207,64 h.
Deudas regularizadas menores a 5 meses por ECM	34	1.161,24 h.
Deudas regularizadas menores a 5 meses por particulares	14	1.155,86 h.
Cuentas sin deuda	7	15,14 h
Estados de cuentas procesados	114	-
Estados de cuenta en proceso	6	-

Tabla 2: *Ocupación de los Recursos actuales.*

Recurso	Cantidad	%Tiempo en Operación	Tiempo en Operación
Gerente	1	1,97%	41 h.

A partir de estos datos y del análisis del comportamiento de todos los componentes del sistema y su interacción se detecta que la utilización del recurso (Gerente) para realizar esta actividad, según la frecuencia establecida, es muy baja (1,97%).

Respecto de los resultados presentados y considerando los estados de deudas procesados, se logra una respuesta del 95% a los reclamos realizados durante el periodo de simulación alcanzando una regularización de 114 deudas. Sin embargo, la proporción de deuda regularizada corresponde, en promedio, al 57% del monto total de los reclamos efectuados. Específicamente, el porcentaje de deuda regularizada por las ECM es del 67% del monto total reclamado a las mismas, mientras que los particulares regularizan el 46% del monto total que se les reclama.

Se observa, además, que los tiempos requeridos para regularizar las deudas son elevados, variando entre 7 a 13 meses según le tipo de reclamo. Esto se origina por la baja frecuencia con que se efectúan los reclamos, los elevados tiempos de espera para el pago y la falta de seguimiento de los reclamos realizados. Otra consecuencia de esta forma de trabajo es que la mayoría de los reclamos (59) corresponden a deudas mayores a 5 meses, que son los casos que más inconvenientes financieros generan a la organización.

4.4 Identificación de oportunidades de mejora

En las entrevistas con el encargado de Finanzas y el Gerente de la organización, se explicitan en forma detallada los resultados de la simulación del proceso de facturación y cobros. En base a ello se detectan en forma conjunta una serie de problemas o puntos de críticos que requieren ser solucionados para mejorar su desempeño y eficiencia.

Los principales puntos de mejora detectados son:

1. El proceso no se realiza de forma sistemática.
2. El proceso se realiza con una baja frecuencia.
3. Falta de automatización del proceso.
4. No se genera documentación digital.
5. Existen demoras para el cobro del servicio.
6. La regularización de la deuda se realiza de forma parcial.

7. No se efectúa un seguimiento del reclamo una vez realizado.
8. No existe disponibilidad de información confiable y en tiempo real para la toma de decisiones de la Gerencia y el área de Finanzas.
9. El personal posee sobrecarga de trabajo.
10. Existe carga de datos duplicados.

4.5 Proceso propuesto

En función de los puntos críticos detectados se proponen las siguientes mejoras al proceso:

- Incorporación de un software de gestión que permita automatizar y sistematizar el proceso, evitar la duplicidad de carga de datos, generar documentación digital y la disponibilidad de información en tiempo y forma para la toma de decisiones.
- Contratar un Contador Público Nacional a tiempo parcial que se dedique exclusivamente al proceso de seguimiento de los cobros y reclamos, como también al de facturación y cobro.
- Realizar la generación y envío de los recibos de manera digital.
- Aumentar la frecuencia de realización del proceso y realizar un seguimiento constante de los reclamos efectuados.
- Tercerizar el proceso de reclamos de deudas complejas al Estudio Jurídico que efectúa el asesoramiento legal a la organización.

Los problemas número cinco y seis son originados por el entorno y no son posibles de modificar por parte de la organización, debido a que se producen por los métodos de trabajo de las ECM y la capacidad financiera de los pacientes particulares.

Como resultado de los cambios presentados, se presenta en la Figura 3 el proceso de seguimiento de cobro y reclamo propuesto. La incorporación del sistema permite la eliminación de la carga de datos duplicada, la generación de documentación digital y la supresión de las actividades de archivo de documentación. El envío del recibo digital desde el sistema de gestión reduce considerablemente las actividades requeridas en la última etapa del proceso. Se establece una frecuencia mensual para el desarrollo de este proceso y se adicionan actividades para el seguimiento de reclamos efectuados, con el objetivo de reducir los tiempos de espera para la regularización de las deudas. El proceso de seguimiento se realiza luego de esperar un mes a la respuesta del reclamo y posee una efectividad del 70%.

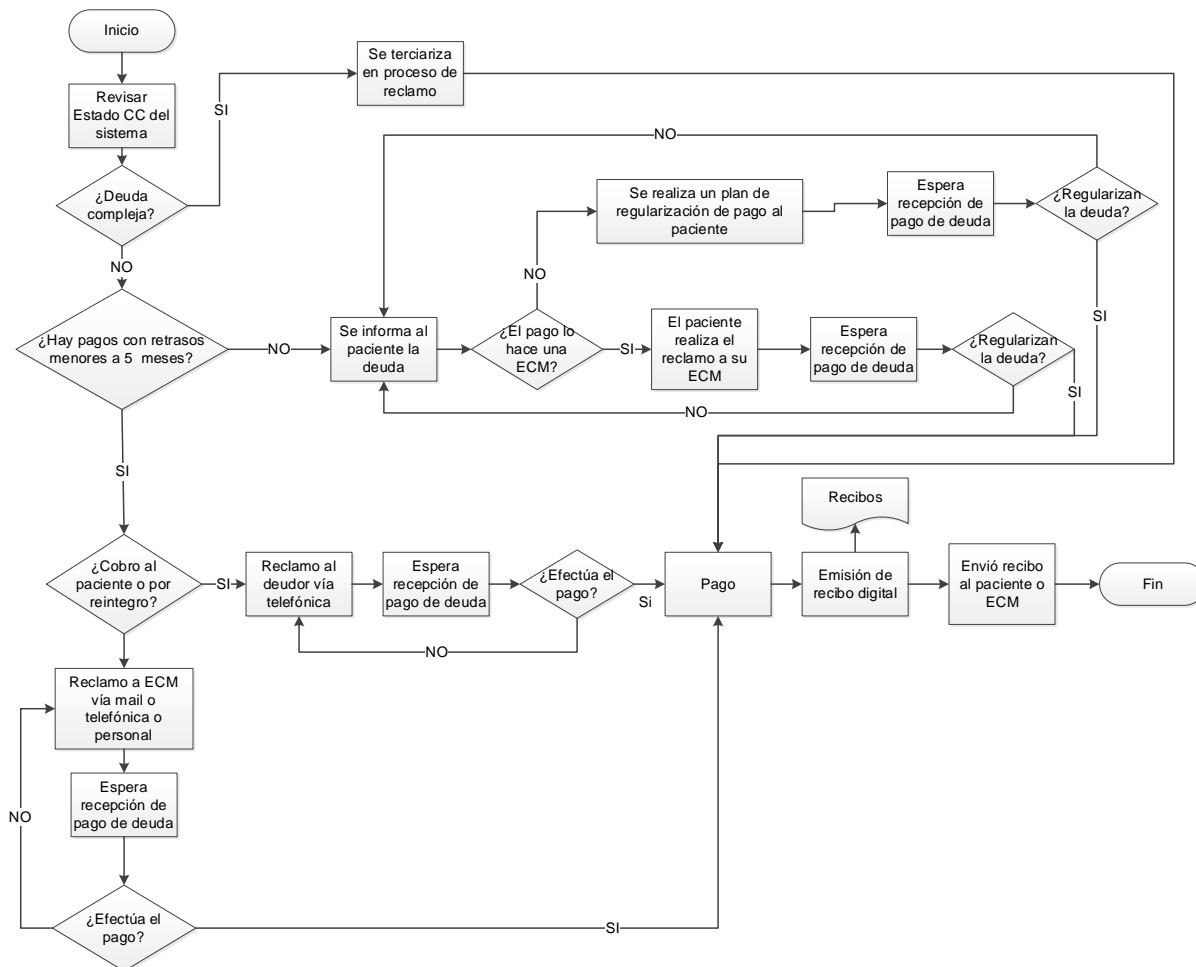


Figura 3. Proceso propuesto.

4.6 Análisis del proceso propuesto

Se analiza el proceso propuesto, mediante una simulación dinámica del modelo que fue construido en función de las actividades y tiempos que conforman el proceso propuesto y los componentes definidos son equivalentes a los presentados en el punto 4.3, con las siguientes diferencias:

- La frecuencia de arribo de los estados de cuenta al sistema es de 30 cuentas cada mes.
- El Contador (CP) es el único recurso incorporado para realizar las actividades y su cronograma de trabajo establecido es lunes y miércoles de 9 a 13 horas.

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados de la simulación del proceso propuesto durante 52 semanas.

Tabla 3: Entidades del proceso propuesto.

Entidad	Cantidad	Tiempo promedio en sistema
Deudas regularizadas mayores a 5 meses por ECM	70	1.129,66 h.
Deudas regularizadas mayores a 5 meses por particulares	114	1.041,35 h.
Deudas regularizadas menores a 5 meses por ECM	83	1.253,58 h.
Deudas regularizadas menores a 5 meses por particulares	41	1.136,41 h.
Deudas tercerizadas regularizadas	6	839 h.
Cuentas sin deuda	34	106,51 h
Estados de cuentas procesados	348	-
Estados de cuenta en proceso	12	-

Tabla 4: Ocupación del Recurso del proceso propuesto.

Recurso	Cantidad	%Tiempo en Operación	Tiempo en Operación
CP	1	37,5%	156 h.

Se evidencia que la utilización del recurso (CP) para realizar las actividades de seguimiento de cobro y reclamo es de un 37%. Este valor resulta adecuado ya que durante el tiempo que le queda disponible realiza el proceso de facturación y cobro y otras actividades contables demandadas.

Considerando los estados de deudas procesados, se logra una respuesta del 96,67% a los reclamos realizados durante el periodo de simulación, obteniendo la regularización de 348 deudas. Analizando los tiempos requeridos en que se efectúan las regularizaciones, las deudas son canceladas en un periodo que varía entre 5 a 7 meses según el tipo de reclamo.

Contrastando el proceso propuesto con el actual, la implementación de las mejoras planteadas permite un aumento de un 200% de la cantidad de deudas regularizadas y un acrecentamiento del 1,67% de la eficiencia del proceso. Con respecto al tiempo de regularización de las deudas, se evidencia una reducción del 48,82% para las de más de 5 meses de ECM y del 52,82% las de particulares. Para las deudas de tiempo de menos de 5 meses los valores se mantuvieron prácticamente sin variación, con un aumento del 8% para las de ECM y una reducción del 1,7% para las de particulares.

Se prevé que el considerable aumento de la cantidad de deudas regularizadas y la reducción del tiempo de cancelación de las de más de 5 meses genere a futuro una disminución de la proporción de deudas de largo plazo.

5. CONCLUSIONES

La mejora al proceso de seguimiento de cobro y reclamos ha demostrado ser efectiva para el aumento de la liquidez de la organización. La aplicación de una simulación dinámica ha permitido observar el modelo planteado accediendo al análisis detallado de las actividades que componen el proceso, su interacción y comportamiento a través del tiempo. Los resultados de la simulación del proceso actual facilitaron la identificación de las oportunidades de mejoras planteadas. La utilización del software de gestión y la incorporación de un profesional capacitado han generado un cambio significativo en el método de trabajo, reduciendo actividades innecesarias y duplicadas y permitiendo el acceso a la información requerida para la toma de decisiones.

Los resultados de la simulación del proceso propuesto han evidenciado el significativo aumento de la cantidad de deudas canceladas y la reducción de los tiempos de regularización de las deudas de más de 5 meses. En consecuencia, se concluye que el proceso de seguimiento de cobros y reclamos

propuesto genera un impacto positivo en las finanzas de la organización, tanto en el corto como en el largo plazo, al aumentar sus niveles de liquidez y facilitar a futuro su solvencia y competitividad.

6. REFERENCIAS

- [1] Albers, J.; Hervas, J.L.; Marquez P. (2006) "Adopción contingente de tecnología de producción en el sector cerámico español. Un estudio empírico". *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica, Vol. 5, núm.5, pp 338-345. Madrid, España.*
- [2] Laudon K. C.; Laudon, J. P. (2012) *Sistemas de información gerencial*. México. 12va. Edición. Pearson Educación. México.
- [3] Cáceres, E. A. (2014). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. FACSO-UNSJ. Disponible en: <http://www.facso.unsj.edu.ar/catedras/ciencias-economicas/sistemas-de-informacion-II/documentos/aydise14.pdf>. Acceso el 24 de mayo de 2019.
- [4] Castillo Benavides, L. V. (2015). "Propuesta de mejora en el área de cobranzas para recuperación de cartera vencida. Caso: Actuaría Consultores Cía. Ltda." *Trabajo de titulación previa la obtención del título de Ingeniería Comercial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Quito, Ecuador.*
- [5] Alberto C y Carignano C; (2013) *Apoyo cuantitativo a las decisiones*. Córdoba. 4ta edición. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.C.
- [6] Bussnis Process Simulator Aplicaciones (2017). Publicado el 17 de Agosto de 2017. https://issuu.com/karlareyes89/docs/simulacion_de_procesos.docx.

Herramienta de simulación multi-paradigma para el estudio, diseño y optimización de redes logísticas

Gullo, Francisco*; Kasdorf, Teo; Arakaki, Gastón

*Escuela de Ingeniería y Gestión, Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Eduardo Madero 399, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1106ACD
fgullo@itba.edu.ar

RESUMEN

El diseño de redes logísticas implica el análisis integral de numerosas variables como la localización de los nodos, la definición de estrategias de distribución y niveles de servicio, políticas de stocks, dimensionamiento de recursos, entre otros. Sumado a la existencia de cuestiones estocásticas, como por ejemplo la demanda o los tiempos de traslado de los camiones, la gestión de este sistema resulta compleja y muchas veces presenta resultados anti-intuitivos [2].

En consideración de tales desafíos, se desarrolló una herramienta basada en simulación de una red logística en Argentina, que permite al usuario aplicar diferentes estrategias y analizar su impacto en la gestión de la cadena de suministro. Dicha red alcanza desde la recepción de materia prima y la producción hasta la venta del producto final, pasando por toda la distribución intermedia.

El objetivo es transmitir las posibilidades de uso de simulaciones multiparadigmas para el estudio de sistemas complejos. Los paradigmas de modelización que se utilizaron son el de eventos discretos (DES, por sus siglas en inglés) y basada en agentes (ABM, por sus siglas en inglés), complementados con el aprovechamiento de tecnologías GIS (Geographic Information System). Adicionalmente, se aprovecharon lógicas de optimización de organización de la producción y logística para representar la gestión de la cadena.

La aplicación de metodologías de modelización, simulación y optimización resultan de gran valor a la hora de reducir riesgos para la toma de decisiones [4]. Asimismo, la alta flexibilidad y posibilidades de parametrización de los modelos convierten a la herramienta en una excelente base para su replicación a diferentes contextos.

Palabras Claves: Cadena de suministro, Dimensionamiento de recursos, Modelización Basada en Agentes, Simulación por Eventos Discretos, Optimización.

ABSTRACT

Supply Chain design needs a holistic analysis, taking into account numerous variables such as nodes localization, distribution strategies, order fulfillment, stock policies and resource sizing, among others. In addition, the existence of stochastic behaviors in the system, for example the product demand, causes complex management and anti-intuitive results.

In order to face the given challenge, a simulation-based software has been developed to manage a Supply Chain in Argentina. This software allows the user to test different strategies and visualize the generated impact, scoping from the reception of raw materials to finished product sales.

The goal is to present the benefits of multi-paradigm simulations in the study of complex systems. The paradigms used in the tool were Discrete events simulation (DES) and Agent Based Modeling (ABM), with the addition of GIS Technology (Geographic Information System).

Modelization, simulation and optimization methodologies contribute great value in reducing risks in decision making. Furthermore, high design flexibility and parametrization possibilities make this software an excellent start point for the modelization of different contexts.

Keywords: Supply Chain, Resource Sizing, Agent Based Modeling, Discrete Event Simulation, Optimization.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de un relevamiento realizado entre empresas del rubro de logística y consultoría surgió la necesidad de aplicar metodologías cuantitativas que faciliten la gestión de la cadena de suministro. La existencia de numerosas variables y la interacción con comportamientos estocásticos generan problemas complejos y soluciones difíciles de visualizar a primera vista [5].

La metodología propuesta es la creación de una herramienta de simulación a través del Software Anylogic [3], el cual permite la interacción con diversos paradigmas por medio de programación Java. Dicha herramienta abarca desde la compra de materia prima hasta la venta de producto terminado posibilitando un análisis holístico e integral. Además, la simulación multiparadigma logra crear un modelo personalizado para cada situación particular. Cabe aclarar que para este trabajo se diseñó una cadena logística genérica, pero inspirada en casos reales, partiendo de la fábrica, la cual compra la materia prima, produce el producto terminado y lo almacena hasta ser enviado a un centro de distribución. Este punto intermedio hace de buffer de producto terminado y lo almacena hasta que un punto de venta lo requiera. El último punto en la cadena tiene como objetivo el almacenamiento y venta del producto logrando cumplir la demanda impuesta por el cliente final. Tanto los tres nodos mencionados, como el transporte de las dos etapas de la cadena trabajan de modo geo referenciado, lo cual permite la locación real de las instalaciones y el transporte necesario. La complejidad de los problemas que conlleva el análisis integral de una cadena de suministro, combinado con comportamientos estocásticos, genera la necesidad de una herramienta que permita probar diferentes escenarios y configuraciones de la red y una adecuada comparación y visualización de los resultados, logrando el objetivo de facilitar la toma de decisiones a la hora de diseñar dicha cadena [6-9].

2. DESARROLLO

El modelo desarrollado, esquematizado en la Figura 1, debe permitir la visión integral de todas las etapas de la cadena de suministro y la interacción entre los actores. Para ello, comienza con la compra de materia prima, que se abastece en la fábrica, con una demora determinada. La orden de abastecimiento se genera automáticamente cuando el stock de fábrica alcanza su punto de reorden. La materia prima se almacena y se procesa para generar el stock de producto terminado. Con una lógica similar a la de fábrica, el centro de distribución procesa, y a su vez almacena el producto terminado, funcionando, así como nodo intermedio en la cadena. El transporte de la primera etapa funciona de manera geo referenciada, viajando a una velocidad que se asume constante y permitiendo el cálculo de la distancia transportada. Al igual que en la realidad, existe la posibilidad de que el camión viaje con carga menor a su capacidad máxima, ya que las unidades a transportar son generadas por la orden del nodo siguiente. Además, se utilizó la lógica correspondiente a que el tamaño de la orden no puede superar la suma de las capacidades de los camiones. Siguiendo con las mismas lógicas, la siguiente etapa funciona de manera similar, por medio de un sistema Pull generado por la demanda del cliente. Dicha demanda se simuló aleatoria, con una estacionalidad y tendencia mensual que varía dependiendo del punto de venta. Además, los tiempos de procesado dentro de cada nodo, también se asumen aleatorios, con distribuciones determinadas, causando mayores comportamientos estocásticos en el sistema. Por último, cabe aclarar que la forma de entrega desde el proveedor de materia prima, y la entrega de producto terminado al cliente, no se incluyen en el modelo inicialmente, pero podrían ser agregadas en versiones futuras.

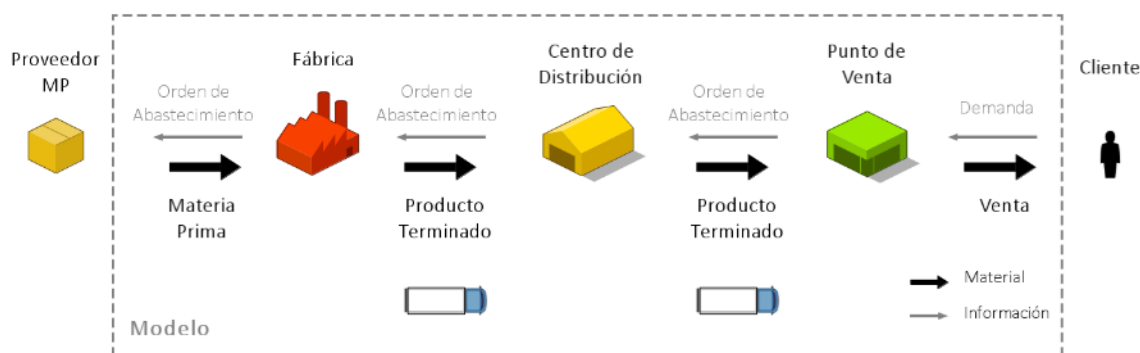


Figura 1 Esquema del modelo.

Se utilizó el software Anylogic para el modelizado, herramienta de simulación basada en programación Java, debido a la gran facilidad que ofrece para combinar distintos paradigmas y a la flexibilidad de modelización. Además, está ampliamente difundido en el ámbito de la Ingeniería Industrial.

Los paradigmas que se implementaron fueron la simulación por eventos discretos (DES, en inglés, Discrete Event Simulation) y modelización basada en agentes (ABM, en inglés, Agent Based Modeling). Gracias a la combinación de ambas metodologías se obtuvo un comportamiento cercano

a la realidad, ahorrando recursos y manteniendo un modelo veloz. Por un lado, la DES se utilizó para representar procesos, por ejemplo, de carga y descarga de camiones, fabricación de producto terminado, almacenamiento, transporte de carga, entre otros, por su facilidad de diseño y su comportamiento más representativo. En cambio, la modelización ABM permitió generar la comunicación entre nodos, para el envío de pedidos de abastecimiento y demanda de clientes, manejando estos datos como información. En la Figura 2, se puede ver un ejemplo interacción de Simulación por Eventos Discretos y de Modelización Basada en Agentes en el desarrollo del modelo. Además, se observan algunos parámetros, variables y funciones, los cuales tienen como objetivo facilitar la interacción, almacenar y visualizar los resultados.

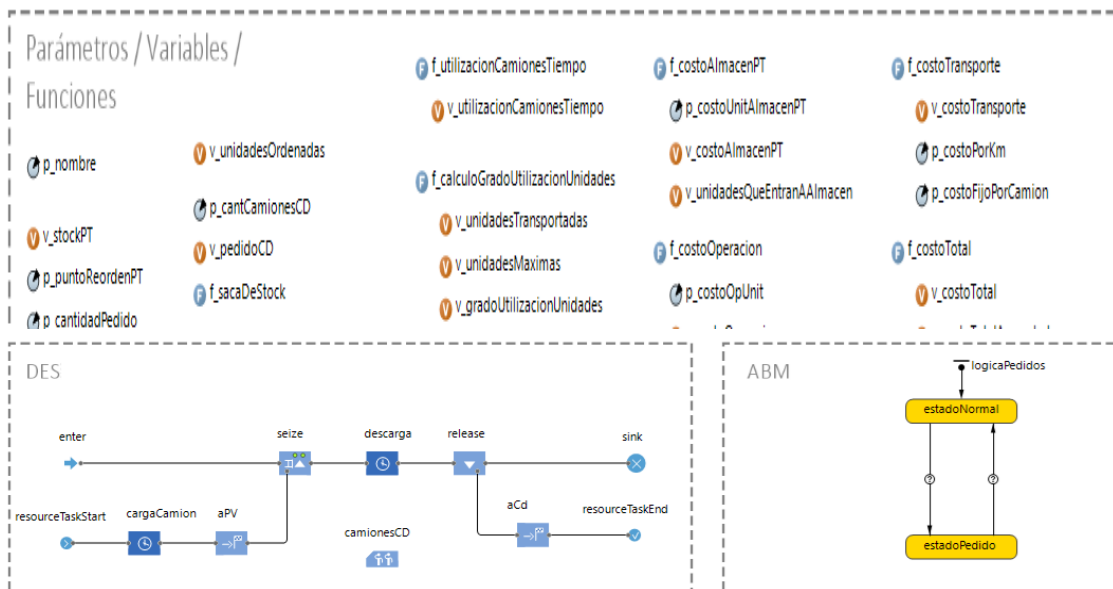
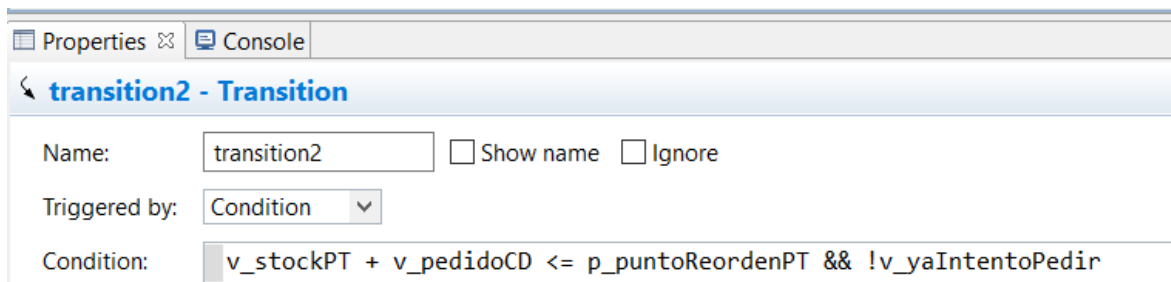


Figura 2 DES y ABM en el desarrollo del modelo.

En la lógica de Eventos Discretos, se puede observar el proceso al cual se somete un agente en particular, replicándose luego para todos los agentes generados. En este caso, por el bloque “enter” ingresan agentes de órdenes de abastecimiento, generadas por el nodo siguiente de la red. Una vez que ingresa una orden, se llama a un agente camión, que ingresa por el bloque “resourceTaskStart”, que luego se combina con la orden en el bloque “seize”. Previamente se simula el tiempo de viaje y el recorrido del camión, en el bloque “aPV”. Luego se representa la descarga de producto terminado en el nodo abastecido, con un bloque demora, para finalmente liberar el recurso camión y representar el viaje de regreso al nodo proveedor en el bloque “aCD”. El método de comunicación entre bloques es la programación en Java, con la cual se codifica las acciones y relaciones de los agentes y el modelo. En la Modelización Basada en Agentes, se evalúa el stock de producto terminado y los pedidos realizados y se los compara con el punto de reorden, para evaluar si se pasa al estado de pedido, que se muestra en la condición de la “transition2” que se encuentra entre el “estadoNormal” y el “estadoPedido”. Una vez que se ingresa al “estadoPedido” dado que se necesita reponer stock, se evalúa la disponibilidad de unidades en el nodo proveedor y se calcula la cantidad de unidades que se envían. La codificación en Java de dicha lógica de reposición de stock se muestra en la Figura 3. A partir de este tamaño de lote y de la capacidad de los camiones establecida por el usuario al inicio de la corrida, se calculan la cantidad de camiones que serán necesarios para el transporte de ese pedido y se realiza el envío al nodo proveedor, simulando con tecnología GIS el movimiento de los camiones.



```

Properties Console
estadoPedido - State
Name: estadoPedido [x] Show name [ ] Ignore
Fill color: Default
Entry action:
v_yaIntentoPedir = false;

int unidadesDisponibles = mapa.fabrica.get(0).v_unidadesAlmacenPT - mapa.fabrica.get(0).v_unidadesOrdenadas;
int pedido = min(unidadesDisponibles, p_cantidadPedido);
int cantCamiones = (int) ceil((double) pedido / mapa.p_capacidadCamionFabrica);
//traceln("CantCamiones: " + cantCamiones);
for(int i = 0; i < cantCamiones; i++){
    if(i != cantCamiones - 1){
        Orden ordenCD = new Orden(this, mapa.p_capacidadCamionFabrica, false, cantCamiones, null);
        send(ordenCD, mapa.fabrica(0));
    } else {
        Orden ordenCD = new Orden(this, pedido - mapa.p_capacidadCamionFabrica * (i), true, cantCamiones, null);
        send(ordenCD, mapa.fabrica(0));
    }
}

v_pedidoCD += pedido;
mapa.fabrica.get(0).v_unidadesOrdenadas += pedido;

v_cantPedidoTotal += pedido;

mapa.fabrica.get(0).v_cantEnviadaACD += pedido;
mapa.fabrica.get(0).f_calculoNivelDeServicio();

mapa.fabrica.get(0).v_unidadesTransportadas += pedido;
mapa.fabrica.get(0).v_unidadesMaximas += cantCamiones * mapa.p_capacidadCamionFabrica;
mapa.fabrica.get(0).f_calculoGradoUtilizacionUnidades();

v_NivelServicio = (double) v_cantPedidoTotal / v_cantDemandadaTotal;

```

Figura 3 Código Java en la lógica de pedidos de abastecimiento.

Continuando con la lógica de abastecimiento, en esta red se utilizó el modelo de lote óptimo de Wilson (EOQ, en inglés, Economic Order Quantity), en el cual el tamaño de orden es el que trae los menores costos asociados debido a la interacción entre el costo de almacenamiento y la disminución de precio por economía de escala, visualizado en la Figura 4. Además, se observa el punto de reorden en la Figura 5, medido en unidades de producto. Cuando el stock alcanza este punto se emite la orden, logrando así que las nuevas unidades lleguen al almacén cuando la demanda consumió todo el stock. Este punto se calcula en base al lead time de abastecimiento.

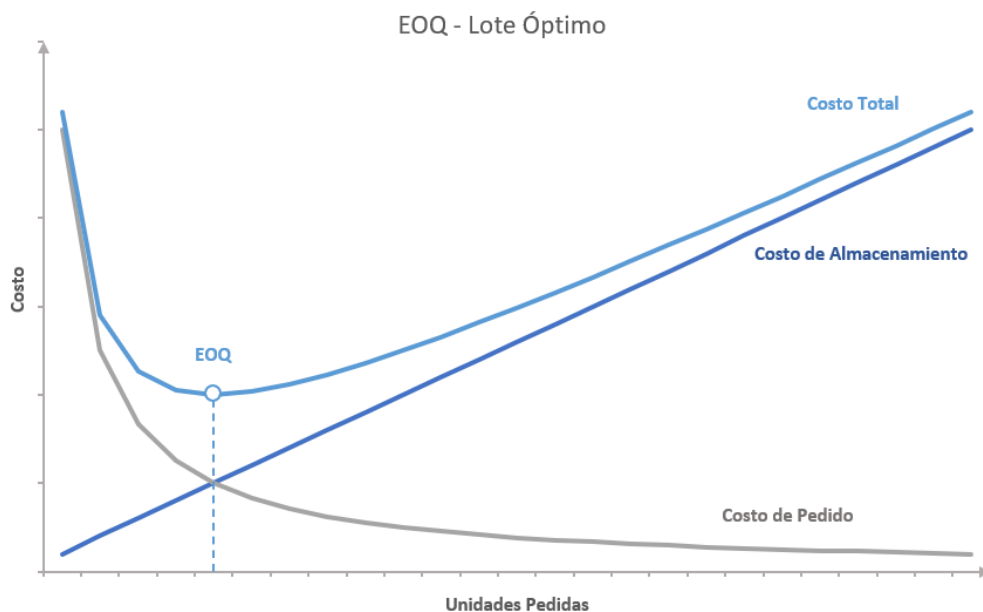


Figura 4 Lote Óptimo. [1]

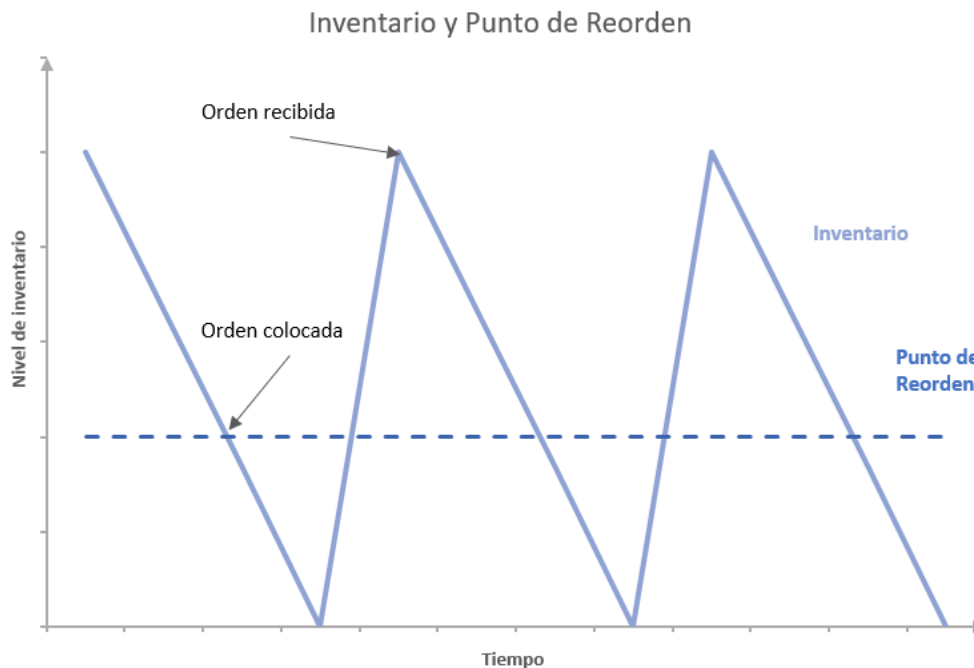


Figura 5 Punto de Reorden. [1]

3. HERRAMIENTA

La configuración de diferentes escenarios que facilitan las decisiones de diseño se realiza por medio de tres factores principales. En primer lugar, se determina la red logística. Para ello, por un lado, se completa una plantilla de Excel con la referencia geográfica de cada nodo, siendo éstos las fábricas, los centros de distribución y los puntos de venta. Por otro lado, cuando se inicia el simulador, se selecciona la configuración de red a correr, generando así un escenario posible, estableciendo que nodo se utilizaran y de qué forma se conectan los nodos entre sí, como, por ejemplo, qué centro de distribución provee producto a que punto de venta.

En segundo lugar, habiendo establecido la red se procede a definir la política de stock de cada nodo. El modelo básico presentado posibilita la elección del tamaño de lote a ordenar de producto terminado al nodo proveedor y el punto de reorden, establecido en unidades de producto. Por último, se debe definir las variables de transporte. En este caso, existen dos etapas, la que transcurre entre fábrica y centro de distribución, y entre este y punto de venta. Para cada etapa se selecciona la capacidad de carga de cada camión, medida en unidades. Además, para cada fábrica y cada centro de distribución se define la cantidad de camiones a utilizar. Cabe aclarar que la configuración del escenario puede ser cambiada por el usuario en medio de una corrida, posibilitando la visualización de cambios particulares. En las Figuras 6 y 7, se pueden observar las vistas de configuración de fábrica, centros de distribución y puntos de venta.

Configuración Fábrica y Centros de Distribución **ITBA**

Panel de Control

Siguiente

Fecha actual
3/2/2020
00:00 AM

Inicio: 1/1/2020
Fin: 31/12/2020

Fábrica	Política de Stock		Trasporte Fábrica-CD	
	Lote Pedido	Pto. Reorden	Cant. Camiones	Capacidad por Camión (un.)
Pilar	1000	1000	1	100

Centros de Distribución	Política de Stock		Trasporte CD-PV	
	Lote Pedido	Pto. Reorden	Cant. Camiones	Capacidad por Camión (un.)
<input checked="" type="checkbox"/> Córdoba	250	250	2	50
<input type="checkbox"/> Mendoza	250	250	2	
<input type="checkbox"/> Salta	250	250	2	
<input checked="" type="checkbox"/> Chubut	250	250	2	
<input type="checkbox"/> Bahía Blanca	250	250	2	

Figura 6 Vista de Configuración de Fábrica y Centros de Distribución.



Figura 7 Vista de Configuración de Puntos de Venta.

De esta forma se establecen las variables de cada escenario. Resulta de gran valor a la hora de tomar decisiones la posibilidad de probar diferentes escenarios y compararlos entre sí. Para ello, el simulador muestra una serie de indicadores claves, desde datos particulares de cada nodo, hasta visualizaciones de estado general. Es importante mencionar que el indicador principal del modelo es monetario, y refleja la utilidad generada en el año de corrida simulado. Este factor permite buscar escenarios que aumenten la utilidad generada, sin dejar de lado el cumplimiento de la demanda. A continuación, se observan las diferentes vistas que ofrece la primera versión del software creado. Una vez iniciada la corrida, la primera vista que se obtiene es una animación de los nodos en su correspondiente ubicación geográfica y el movimiento de los camiones, como se ve en la Figura 8. Como se mencionó previamente, las ubicaciones se cargan desde el archivo Excel donde se guardan las referencias geográficas de cada nodo, mostrado en la Figura 8. Se cuenta con un menú que permite navegar entre las vistas generales, y, además, el usuario puede seleccionar cualquier nodo en el mapa, para visualizar sus indicadores particulares.

	A	B	C	D
1	Nombre	Localizacion	Latitud	Longitud
2	Río Gallegos	-51.6187809,-69.2436326	-51.6187809	-69.2436326
3	Bariloche	-41.1377192,-71.3015466	-41.1377192	-71.3015466
4	Neuquén	-38.9492391,-68.0808391	-38.9492391	-68.0808391
5	Rosario	-32.9415081,-60.7013753	-32.9415081	-60.7013753
6	Mendoza	-32.8848266,-68.8516846	-32.8848266	-68.8516846
7	Viedma	-40.8242885,-62.9957356	-40.8242885	-62.9957356
8	Salta	-24.8055723,-65.4059186	-24.8055723	-65.4059186
9	Corrientes	-27.4838419,-58.8174477	-27.4838419	-58.8174477
10	San Juan	-31.5376513,-68.5361644	-31.5376513	-68.5361644
11	Ushuaia	-54.8074286,-68.3281401	-54.8074286	-68.3281401
12				
13				
14				
15				
16				
17				

Figura 8 Localización de Nodos en Excel.



Figura 9 Vista Principal de Animación.

Al ingresar a alguno de los nodos, la herramienta muestra una vista, como la que se ve en la Figura 10 para el caso de la fábrica, donde se visualiza información del desglose de los costos, utilización del transporte en el tiempo y aprovechamiento de la carga, evolución del nivel de servicio de ese nodo y variación del stock de producto terminado en el tiempo. Además, se indican los parámetros de configuración seleccionados por el usuario. Al ingresar a los nodos de centros de distribución y de puntos de venta, se obtienen vistas similares.



Figura 10 Vista Nodo Fábrica.

Para información más general, se creó el apartado de utilidad, que se muestra en la Figura 11, que enfoca su análisis en ingresos y costos de toda la cadena de suministro. Además, se dividen los costos por nodo y etapa de transporte, pudiendo compararlos entre sí. Por último, se dan a conocer indicadores de máximos y mínimos de utilidad mensual, centros de distribución con mayores y menores costos y puntos de venta con más y menos ventas y costos. Estos indicadores permiten al usuario identificar nodos problemáticos y analizarlos.

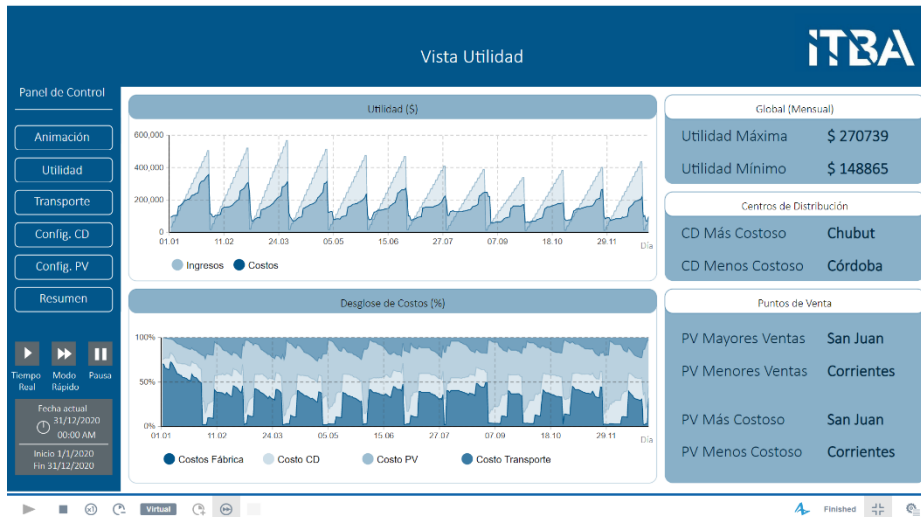


Figura 11 Vista Utilidad.

También se cuenta con una sección para obtener información particular del transporte. La Figura 12 permite separar el análisis en ambas etapas de transporte, comparándolas en costo, utilización en el tiempo y aprovechamiento de la capacidad de carga. También se muestran indicadores de los centros de distribución más problemáticos, dejando de lado la fábrica, dado que solo existe una en el escenario planteado.

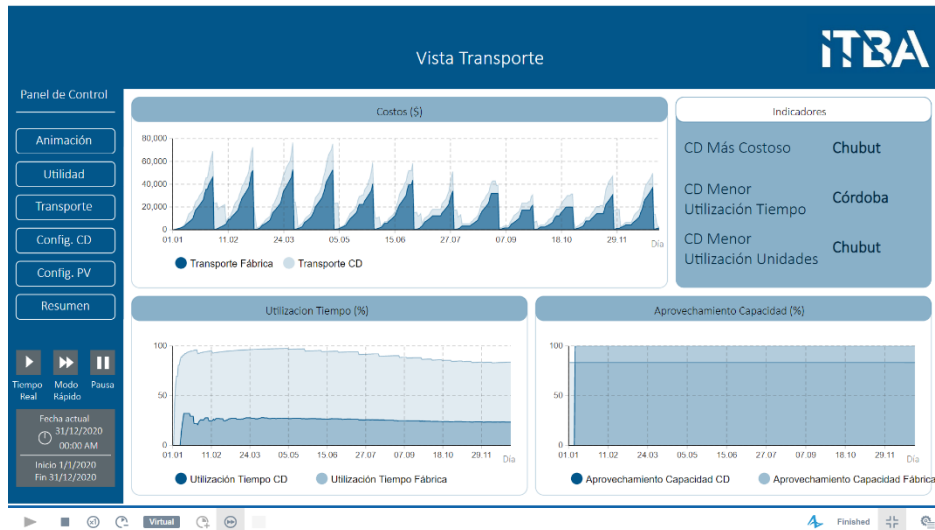


Figura 12 Vista Transporte.

Finalmente, se cuenta con una vista global, imitando un tablero de gestión, donde se muestran los indicadores más importantes del sistema. Esta vista facilita una visualización rápida de los factores clave y permite una simple comparación entre diferentes escenarios. La vista resumen se observa en la Figura 13.

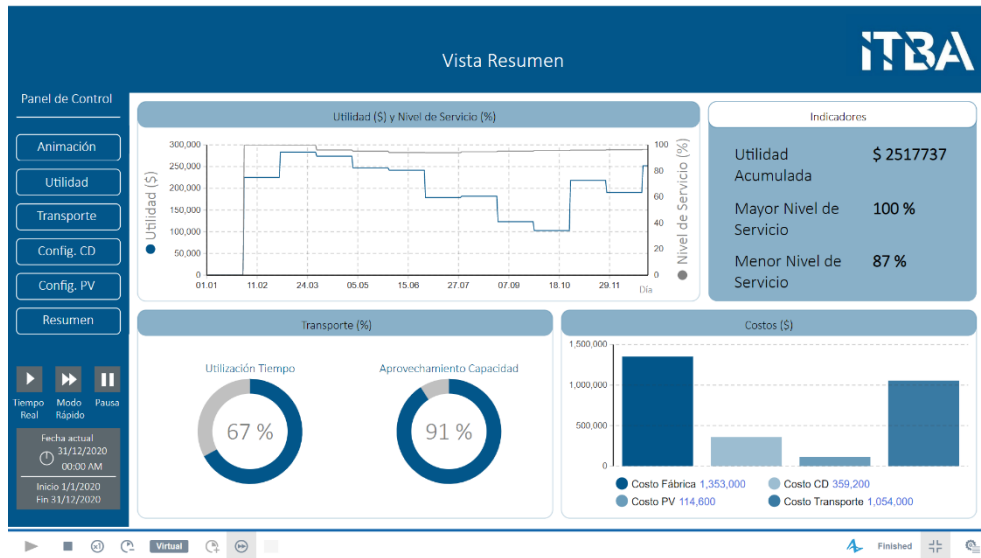


Figura 13 Vista Resumen.

4. RESULTADOS

La mejor forma de entender el impacto de la herramienta fue generar diversos escenarios, compararlos entre sí y llegar a mejores resultados, difíciles de concretar sin un modelo de simulación integral. Para ello, se partió de un escenario base, con dos centros de distribución y dos camiones cada uno, una fábrica con un camión y diez puntos de ventas, abastecidos cinco por cada centro. Este escenario arrojó los siguientes resultados, visualizados en la Figura 14, con las vistas Resumen y Transporte, las cuales se utilizan para comparar los diferentes escenarios. La comparación de resultados de todos los escenarios se muestra en la Tabla 7. Además, en la Tabla 1 se dan a conocer los parámetros del escenario.

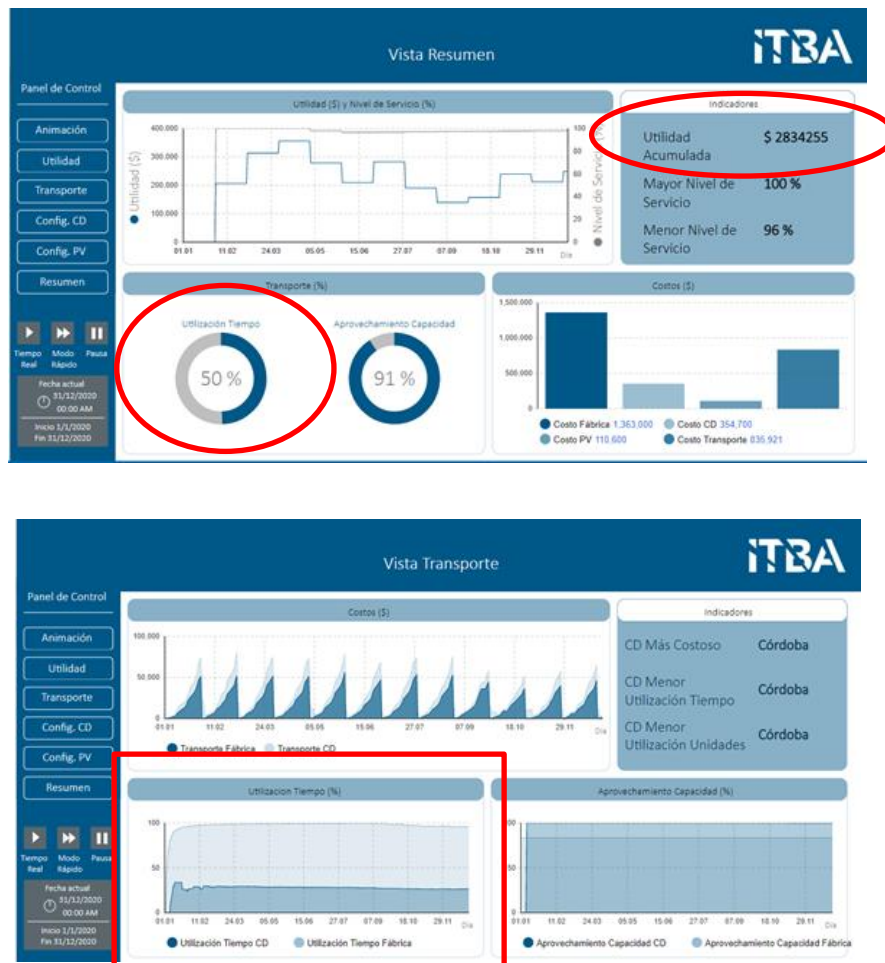


Figura 14 Resultados Escenario Base.

Centros de distribución (CD)	2
Camiones por CD	2
Lote pedido por CD	120 un.
Capacidad por Camión CD	50 un.
Puntos de Venta por CD	5

Tabla 1 *Escenario base.*

Se observa una baja ocupación de los camiones de los centros de distribución en el tiempo y una saturación de la capacidad de estos. Por lo tanto, se planteó un primer escenario, donde disminuye la cantidad de camiones de ambos centros de distribución de dos a uno.

Centros de distribución (CD)	2
Camiones por CD	1
Lote pedido por CD	120 un.
Capacidad por Camión CD	50 un.
Puntos de Venta por CD	5

Tabla 2 *Escenario 1.*

La reducción de la cantidad de camiones podría ser una deducción viendo la baja ocupación en el tiempo, pero se observa que esto repercute negativamente en el resultado de utilidad global. Si bien se aprovechan más los recursos, por la cuestión de capacidad de carga y la lógica de pedido de los puntos de venta, se terminan enviando más camiones. Este es un caso de un comportamiento contra intuitivo en el sistema, que de otra forma no podría haber sido visualizado.

Entonces, para un segundo escenario, se combinó la reducción de camiones, con un aumento en la capacidad de carga, para nivelarlo con el lote de pedido de los puntos de venta. En este caso se obtiene una mejora en la utilidad del sistema, ya que se logra reducir mermas de aprovechamiento de los camiones, aplicando un análisis de integración de toda la cadena.

Centros de distribución (CD)	2
Camiones por CD	1
Lote pedido por CD	120 un.
Capacidad por Camión CD	100 un.
Puntos de Venta por CD	5

Tabla 3 *Escenario 2.*

Luego, se modificó el tamaño de lote de pedido de los centros de distribución para que correspondan con la capacidad de carga de los camiones de fábrica, quedando toda la red alineada. Esto generó otra mejora en la utilidad acumulada, a pesar una disminución en la utilización de los camiones.

Centros de distribución (CD)	2
Camiones por CD	1
Lote pedido por CD	250 un.
Capacidad por Camión CD	100 un.
Puntos de Venta por CD	5

Tabla 4 *Escenario 3.*

Otra de las alternativas es modificar el diseño de la red. Si se trabaja con un único centro de distribución en un punto que podría considerarse el baricentro de la red, y se aumenta la cantidad de camiones a tres, para abastecer a los diez puntos de venta, se obtienen utilidades aún mayores.

Centros de distribución (CD)	1
Camiones por CD	3
Lote pedido por CD	250 un.
Capacidad por Camión CD	100 un.
Puntos de Venta por CD	10

Tabla 5 *Escenario 4.*

De esta forma, gracias al testeo de diferentes escenarios y su comparación, ya sea cambiando parámetros particulares o rediseñando la red, se pasó de una utilidad de \$ 2.834.255 en el escenario base, a una de \$ 3.792.110 en el último escenario, y se mejoró también el nivel de servicio, a pesar de la disminución en la utilización del transporte.

Escenario	Utilización	
	Tiempo Transporte	Utilidad
Base	50%	\$ 2.834.255
1	66%	\$ 2.443.846
2	51%	\$ 2.889.091
3	39%	\$ 3.368.148
4	25%	\$ 3.792.110

Tabla 6 Resumen Resultados de Escenarios.

5. CONCLUSIONES

Con el análisis previo se puede observar el impacto de la herramienta de simulación en el diseño de redes logísticas, probando diferentes configuraciones de forma manual o escenarios, para su comparación cuantitativa y ayudar en la toma de decisiones. Incluso en una siguiente etapa de desarrollo de la herramienta, se le puede incorporar un optimizador que determine la mejor configuración de red y recursos necesarios de manera automática. De esta manera, se obtendría una herramienta con aún mayor potencial, cómoda interacción con el usuario, evitando la necesidad de cálculos manuales y generando resultados de gran interés, evitando el riesgo de error en el testeo de escenarios.

En el ámbito profesional se ha validado con expertos del rubro la aplicabilidad e interés en contar con herramientas de este tipo, dado la complejidad del sistema. Incluso en el simulador se han podido observar comportamientos anti-intuitivos, dados por acciones que en un pensamiento lineal parecerían ayudar pero que en la interacción con otras variables, terminan impactando negativamente a la solución buscada. En un contexto laboral donde aún existe el cálculo manual o simplificado, un simulador que logra representar la complejidad del sistema es un gran aliado para la gestión de la operación e incluso, su diseño.

También, se considera importante el uso de la herramienta en el ámbito educativo. Ésta refuerza la práctica en cursos relacionados a la gestión de una cadena de suministro, permitiendo al usuario interactuar con una red, y visualizar diferentes cambios, además de generar la necesidad de diversos cálculos logísticos. Permite al usuario captar movimientos, necesidades e interacciones dentro de una red, fomentando el análisis de la cadena de suministro de forma integral. Por ejemplo, una conclusión que se ha obtenido es que, antes de avanzar con grandes inversiones para mejorar la performance del sistema, existen grandes oportunidades mejorando las políticas de stock, reaprovisionamiento, lógicas operativas en general, etc.

Cabe destacar que la herramienta creada representa una primera etapa de desarrollo, pero muestra ya los grandes beneficios que tiene la utilización de técnicas de simulación en el ámbito de gestión de logística.

Como estudiantes, se destaca el conocimiento adquirido en materias como Simulación, Organización de la Producción, Investigación Operativa y Logística, entre otras, que fueron necesarias para el desarrollo de este proyecto y de gran valor para generar una herramienta de impacto.

6. REFERENCIAS.

- [1] Sipper, Daniel; Bulfin, Robert L. Jr. (1998). Planeación y control de la producción. México. 1° edición. McGRAW-HILL. México.
- [2] Serman, John D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGRAW-HILL. USA.
- [3] Borshchev, Andrei; Grigoryev, Ilya. (2013). The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 8. AnyLogic North America. USA.
- [4] Govindan, Kannan; Fattah, Mohammad; Keyvanshokoo, Esmaeil. (2017) Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions. European Journal of Operational Research. Volume 263, Issue 1, 108-141.

- [5] LLamasoft. (2019). Using Simulation to Evaluate Cost Effectiveness of Global Health Supply Chain Designs and Policies. LLamasoft, Inc. USA.
- [6] Démare, Thibaut; Bertelle, Cyrille; Dutot, Antoine; Lévêque, Laurent. (2017). Modeling logistic systems with an agent-based model and dynamic graphs. Journal of Transport Geography. Volume 62, Pages 51-65.
- [7] [Afshari, Hamid; D.McLeod, Robert; ElMekkawy, Tarek; Peng, Qingjin](#); Distribution-service Network Design: An Agent-based Approach, [Procedia CIRP Volume 17](#), 2014, Pages 651-656
- [8] Macal, C. M.; North, Michael John. (2009). Agent-based modeling and simulation. Research Gate. Francia.
- [9] Tako, A.A.; Robinson, Stewart, The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context, [Decision Support Systems](#), 2012, pages 802–815

Análisis de situación actual y propuestas de mejora en el proceso de fabricación de redes de pesca.

Mc Cargo¹, Tomás; Picón², Gonzalo; Onaine, Adolfo E.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Av. Juan B. Justo 4302, 7600 Mar del Plata

(1) tomas.mccargo@gmail.com (2) gonzalopicon94@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en una empresa de la ciudad de Mar del Plata dedicada a la fabricación de artes de pesca, interviniendo específicamente en el proceso de fabricación de redes. Ante la presencia de diferentes deficiencias a lo largo del proceso en cuestión, se estableció como objetivo principal generar propuestas que mejoren el desempeño del área a partir de la aplicación de las herramientas de la ingeniería industrial, lo que repercute de forma directa en la actuación global de la organización. Para esto, se inició con una descripción de la situación actual, acompañado del análisis de la forma en que se desarrollan las tareas y los tiempos en que se requieren para realizarlas. A partir de esto, se identificaron diversas cuestiones a mejorar, tales como la gestión de un cuello de botella, métodos de operación obsoletos, ineficiencias en la documentación que acompaña al proceso, falta de estructuración del mantenimiento de los equipos principales, entre otras. Se concluye con la presentación de distintas propuestas de mejora para afrontar estas deficiencias previamente mencionadas y el diseño de un tablero de control para dar seguimiento tanto a las propuestas planteadas como al proceso en su conjunto y facilitar la toma de decisiones por parte de la Dirección.

Palabras Claves: Productividad, cuello de botella, competitividad, calidad, eficiencia.

ABSTRACT

This work was developed in a company dedicated to the manufacture of fishing gear, specifically intervening in the net manufacturing process. Given the presence of different deficiencies throughout the process in question, the main objective was to generate proposals that improve the performance of the area based on the application of industrial engineering tools, which has a direct impact on the overall performance of the organization. To this end, the process began with a description of the current situation, accompanied by an analysis of the way in which tasks are carried out and the associated times. After that, various issues to improve were identified, such as the management of a bottleneck, obsolete operating methods, inefficiencies in the documentation that accompanies the process, lack of structuring of the main equipment maintenance, among others. The analysis concludes with the presentation of different proposals for improvement to address the previously mentioned deficiencies and the design of a balanced scorecard to monitor both the proposals made and the process as a whole and facilitate decision-making by Management.

Keywords: Productivity, bottleneck, competitiveness, quality, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN.

Como resultado de la globalización y del avance de las tecnologías a nivel mundial, las empresas se ven obligadas a encontrar estrategias que les permitan alcanzar la competitividad deseada. Adaptarse a un entorno cambiante es vital para las mismas a fines de mantener o mejorar su posicionamiento de mercado [1].

La organización debe contar con todas sus áreas enfocadas en brindarles a los clientes productos y servicios de calidad, cumpliendo con las cantidades y plazos establecidos y minimizando los costos tanto como sea posible. Para lograr esto es importante tener muy en claro que solo si las distintas áreas trabajan en conjunto intercambiando la información necesaria y con una fuerte orientación al cliente se podrán alcanzar los objetivos.

Este trabajo se centrará en una empresa dedicada a la fabricación de artes de pesca de la ciudad de Mar del Plata, específicamente en el proceso de fabricación de paños de red. Esta empresa es líder nacional y regional en el rubro y cuenta con una de las fábricas más grandes de América Latina. Sin embargo, la competencia con los productos importados es muy fuerte por lo que es menester que se invierta en mejoras de productividad y calidad para mantener y mejorar la posición en el mercado. Por lo tanto, el objetivo general del trabajo consiste en analizar la situación actual del proceso de fabricación de redes y generar propuestas de mejora para mantener la competitividad de la empresa. Específicamente, se perseguirán los siguientes objetivos:

- Analizar el proceso y su situación actual.
- Identificar y analizar los problemas existentes.
- Elaborar propuestas de mejora del proceso.
- Elaborar un tablero de control para el seguimiento de la mejora.

La organización cuenta con dos plantas industriales y una planta de operaciones logísticas en Mar del Plata.

- Planta I: consta de una estructura de tres naves con un total de 10 000 m² sobre una superficie de 14 000 m². Allí se manufacturan las líneas de Hilos, Cabos y Redes.
- Planta II: dedicada exclusivamente a la extrusión de Polímeros. Estos son utilizados como materia prima para las líneas de la Planta I.
- Planta Logística: la función de esta planta es aumentar la capacidad de los depósitos y almacenes mejorando el *layout* del movimiento de materiales.

Con respecto al relevamiento de la información acerca del proceso productivo se utiliza el concepto de entrevista que hace referencia a la comunicación que se constituye entre el investigador y el entrevistado, pudiendo ser “el entrevistado” una sola persona o un conjunto. Durante la aplicación de este tipo de técnica, lo más importante es lograr un buen clima de trabajo y afinidad entre el entrevistador y entrevistado, que permita al segundo poder expresarse libremente y al primero poder captar la esencia del discurso de los participantes del estudio [2].

A partir de entrevistas [3] se pudo visualizar que, además de buscar repercutir de forma positiva en el desarrollo local de Mar del Plata, la empresa tiene como objetivo poseer una amplia capacidad de distribución, respuesta inmediata y fluido abastecimiento a lo largo del Corredor Patagónico del Atlántico Sur. Para lograrlo, cuenta con una sucursal en Puerto Madryn (Chubut) y en Puerto Deseado (Santa Cruz).

Por otro lado, los productos que fabrica la empresa tienen distintos destinos en Latinoamérica. Actualmente, exporta a países de la región: Brasil, Paraguay, Perú, Uruguay y Chile. Su visión a futuro está enfocada en explotar al máximo estos mercados.

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron las siguientes herramientas de la ingeniería industrial: diagrama de flujo, cursograma analítico, diagrama de recorrido, estudio de tiempos, diagrama causa-efecto y tablero de control, entre otras [4][5][6].

2. DESARROLLO.

2.1. Análisis de situación actual.

2.1.1. Descripción del proceso productivo.

A continuación, se detalla el proceso productivo llevado a cabo por la organización para la fabricación de paños de red relevado *in company*.

Recepción de materia prima.

La materia prima consiste en hilos “retorcidos” o “trenzados”, los cuales son bobinados en carreteles plásticos o tubos de PVC. El proceso bajo análisis comienza con el aprovisionamiento de bobinas o carreteles de hilo según corresponda a cada puesto de trabajo.

El operario que recibe el material realiza una inspección visual. En caso de detectar fallas, lo aparta y lo coloca en contenedores para su posterior recuperación.

Tejido

Para el desarrollo de esta actividad se utilizan telares llamados rederas. En la empresa se pueden encontrar diez de estos equipos. El hilo utilizado como materia prima para la producción de los paños de red, se carga en dos lugares específicos, las filetas y los platos. Las rederas realizan nudos entre los hilos depositados en los lugares previamente mencionados. La formación de dichos nudos, espaciados de forma regular, dan lugar a rombos llamados “mallas”.

La carga de material en los platos se realiza en máquinas llenas platos los cuales pueden disponer de uno, dos o tres cabezales giratorios y su funcionamiento es semiautomático. En cuanto a la carga del material en las filetas, esta actividad se realiza de forma manual por los operarios. Una vez que la máquina se encuentra en condiciones de comenzar el tejido, el operario da inicio a la actividad, la cual se realiza en todo momento a una velocidad constante de trabajo y es medida en “golpes por minuto”.

Luego de finalizada esta etapa, el operario corta con una cuchilla o tijera el paño de red, lo ata y lo desplaza de la zona de salida. Además, se encarga de adjuntarle al paño una etiqueta que permite su identificación. Finalmente, el paño es recogido por otro operario encargado de trasladarlo con un autoelevador o manualmente al sector de “Inspección”.

Inspección

En esta etapa del proceso, que cuenta con cuatro puestos de trabajo que realizan las mismas actividades, los operarios están encargados de detectar fallas de calidad en el producto. Esta etapa es de suma importancia en el proceso ya que se busca alcanzar el objetivo de 0 defectos en el producto final. De esta manera la empresa busca asegurarse que ninguna red con fallas sea entregada a un cliente.

En la etiqueta de Tejido, el redero registra la cantidad de fallas detectadas. Mediante esta información, el operario de Inspección conoce la cantidad mínima de defectos que debe encontrar. Los paños de red son estirados en el suelo y reparados manualmente. No existe un método estandarizado para realizar estas actividades, sino que los operarios toman la red desde un extremo y avanzan en distintas direcciones en la búsqueda de las distintas imperfecciones.

Una vez finalizada la inspección, los paños son trasladados al sector de “Estirado”.

Estirado

En esta etapa, se sujetan los extremos del paño y se produce su tensionado mediante un sistema mecánico.

Esta actividad se realiza con dos motivos. Por un lado, al estar el paño estirado en su totalidad y de manera uniforme, permite una mayor capacidad para detectar fallas de calidad que no hayan sido encontradas en el proceso anterior. A su vez, el estiramiento y tensionado del paño de red permite un correcto y uniforme ajuste en la totalidad de los nudos. Una vez finalizada la etapa de “Estirado”, los operarios transportan manualmente el producto al sector de “Termofijado”.

Termofijado

En esta etapa, el paño es ubicado sobre un carro móvil e ingresado en una autoclave donde recibe vapor a altas temperaturas.

El objetivo de esta tarea es lograr en el paño:

- Que la medida de malla sea efectivamente la indicada en la Orden de Producción;
- Que esta sea constante en todo el paño;
- Que permanezca inalterable con el uso;
- Que los nudos queden fuertemente apretados;
- Que su aspecto sea como el de una “tela planchada”.

El calor intentará que el paño disminuya su medida, pero al estar sujeto en sus extremos lo que se logra es que se ajusten aún más sus nudos. También elimina la memoria elástica del material y permite su planchado.

Luego de completada esta etapa, el paño es retirado del túnel, atado y pesado en una báscula. A continuación, se da ingreso al sistema informático del producto terminado y se le adjunta una nueva tarjeta de identificación. Finalmente, el producto es almacenado en el depósito correspondiente.

2.1.2. Estudio de tiempos.

Una vez recolectada y analizada la información anterior, se llevó a cabo un estudio de tiempos del proceso. Este análisis permite ver de forma más detallada la forma en que se realizan las operaciones, el tiempo asociado con estas y las etapas críticas del proceso de fabricación de redes. El objetivo del estudio de tiempos es determinar dónde se genera la acumulación indeseada de trabajo en proceso (*WIP*, sigla en inglés de *work in process*), es decir, el cuello de botella, y sus causas, para poder plantear propuestas que permitan mejorar la productividad del sector.

Para esta actividad, se procedió a dividir al proceso de fabricación de paños de red en los subprocesos más importantes: Tejido, Inspección, Estirado y Termofijado.

Las etapas que no requieren de dicho análisis son Inspección y Estirado. En cuanto a la primera, no se dispone de un método estandarizado que se pueda descomponer en elementos para llevar a cabo un estudio de tiempos, cada repetición es distinta a la anterior. Por esta razón, se decidió tomar como dato la información de la empresa respecto al promedio de tiempo invertido en dicha tarea. Respecto a Estirado, como el paño se mantiene tensionado hasta que la red que está siendo procesada en el túnel de termofijado cumpla con el tiempo definido de proceso, el ritmo de trabajo de esta etapa queda definido por su etapa posterior.

En cuanto a la etapa de Tejido y Termofijado, actividades principales del proceso y de mayor valor agregado, se procedió a dividir las en la mínima cantidad de tareas relevables para ejecutar la medición del tiempo asociado a estas actividades. Una vez definidas las tareas que se iban a analizar, con un cronómetro de mano se procedió a su medición. Finalizada la medición y relevamiento de dichas tareas, se calculó el tiempo que es necesario invertir para la fabricación de una red, es decir el tiempo básico (TB).

Finalmente, a la hora de determinar el tiempo tipo, se tuvieron en cuenta dos aspectos. Por un lado, la valoración del ritmo del operario y por el otro los suplementos u holguras que se adicionan al tiempo medido.

A modo de conclusión, se presenta gráficamente en la Figura 1 las distintas etapas y sus velocidades asociadas. La etapa de Inspección se resalta como el cuello de botella o estación más lenta del proceso.

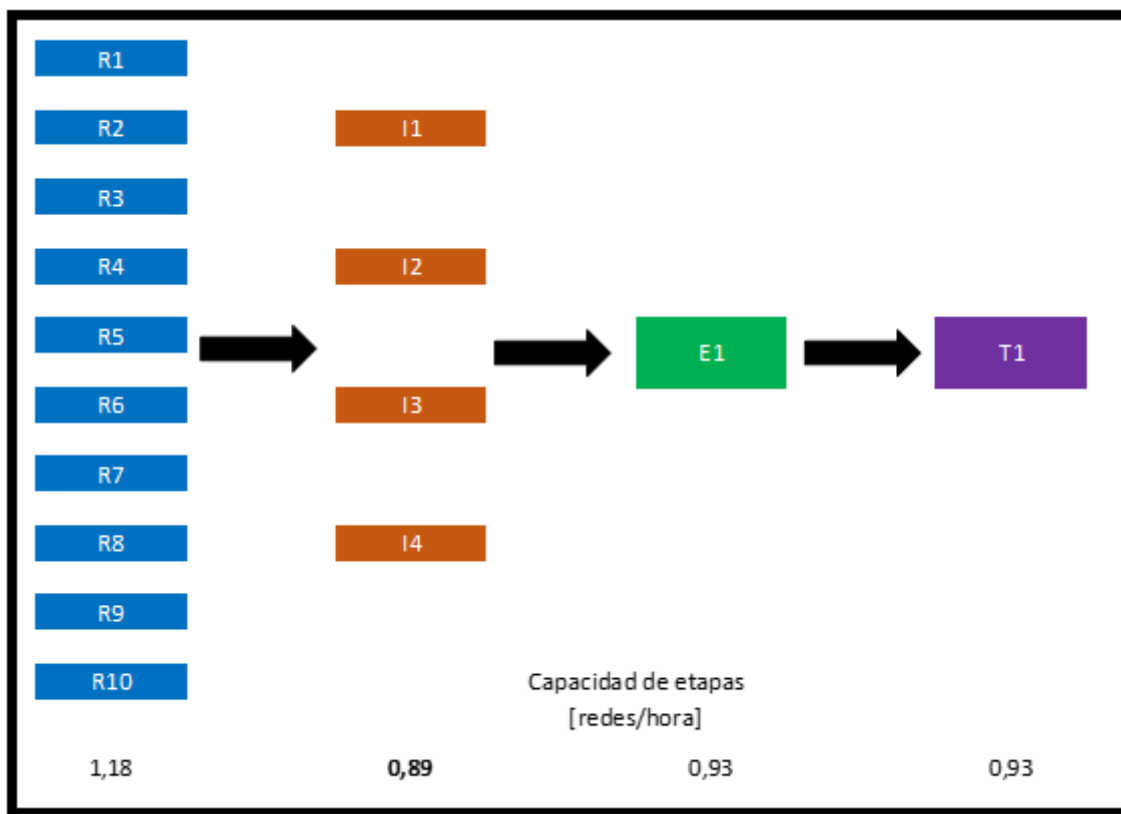


Figura 1 Velocidad de cada etapa.

2.1.3. Trazabilidad.

El material es identificado a lo largo del proceso, pasando por todas las etapas hasta convertirse en producto terminado. Esta identificación cuenta, principalmente, con dos tarjetas asociadas al producto. En primer lugar, una etiqueta de producto intermedio (Figura 2), completada en forma manual e incorporada al producto una vez finalizada la etapa de “Tejido”.



Figura 2 Fotografía de una etiqueta intermedia.

Por otro lado, antes del almacenamiento del producto terminado en el depósito, el operario a cargo de esta tarea procede a dar ingreso del paño de red en el sistema informático e imprime una nueva tarjeta de identificación que posee la información que se aprecia en la Figura 3.



Figura 3 Fotografía de una etiqueta final.

2.2. Análisis crítico.

2.2.1. Etapa de Inspección.

Se realizó un diagrama de causa-efecto a fin de detectar las principales causas que provocan que la etapa de inspección constituya una limitante del proceso, con el objetivo de encontrar una solución a esta situación. Para esto se optó por llevar a cabo el análisis en cuestión mediante la frecuencia de repetición de causas. De este modo, las causas más relevantes encontradas fueron la falta de mantenimiento en las rederas y el puesto de trabajo de inspección poco ergonómico.

A. Falta de mantenimiento en las rederas.

A través del contacto con el personal de la empresa se pudo indagar acerca del proceso, poniéndose en evidencia que una de las principales causas de las disconformidades generadas en los productos que deben ser reparadas en la etapa de Inspección se debe a la falta de un mantenimiento propicio. Específicamente, el estado defectuoso de los platos de las rederas genera el corte de un hilo que debe ser reparado por el redero incorporando un nudo no deseado al producto. Esto es considerado una no conformidad ya que en la etapa siguiente debe ser corregido, siendo el tiempo de Inspección proporcional a la cantidad de defectos. Además, algunos platos defectuosos generan que la cantidad de material que es cargado en ellos sea menor que la requerida lo cual conlleva una carga adicional manual de material, por parte del operario, mediante un nuevo nudo no deseado.

Otra falla que ocurre en los paños de red es la presencia de agujeros, es decir, la no conformación de mallas. Esto provoca que en la etapa de Inspección se deba completar el espacio vacío con material nuevo realizando los nudos de manera manual generando las mallas faltantes. Una de las causas es el desgaste de las partes móviles de las rederas, específicamente las bielas del carro que permite la unión entre hilos de filetas y platos para la conformación de las mallas, provocando que el hilo de filetas no alcance la posición necesaria para enlazarse con el hilo de plato. Por otra parte, también se ha detectado que la falta de mantenimiento en los rodillos posteriores encargados de darle freno a los hilos de fileta. Esto provoca que estos no alcancen la tensión necesaria, quedando libres en su movimiento, dando como consecuencia el desplazamiento hacia los lados de los platos, lo que genera que no se enlacen con los hilos de los mismos.

B. Puesto de trabajo de inspección poco ergonómico.

Los operarios abocados a las tareas del sector de Inspección realizan sus actividades sentados a un lado del paño de red. La posición incorrecta de la columna a lo largo de la jornada laboral, puede provocar diferentes trastornos o lesiones en el operario que no le permitan a largo plazo realizar sus tareas en función de lo esperado, así como también repercutir en su calidad de vida.

Para estudiar la ergonomía del puesto se utilizó el método OWAS *Ovako Working Analysis System*. Según el INSHT *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (2015), dicho método se basa en el registro de las posturas adoptadas en el puesto de trabajo. Una vez realizado el registro se procede a la evaluación de las posturas en función de la combinación de la postura de la espalda, brazos y piernas. El valor final obtenido da la categoría de acción para cada una de las posturas registradas. Este análisis arrojó como resultado que la postura de trabajo adoptada por el personal de Inspección tiene efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético. En consecuencia, es necesario aplicar medidas correctivas tan pronto como sea posible.

2.2.2. Trazabilidad.

Uno de los aspectos en los cuales la organización posee debilidades es la trazabilidad de sus productos. En base a las rotulaciones intermedias y finales presentadas anteriormente, se ha observado que hay una falta de correlación entre los productos intermedios y los productos terminados. Si bien el apartado “partida”, de la etiqueta del producto terminado, indica sus características técnicas, la empresa no tiene los mecanismos para hacer un control hacia atrás en su proceso para determinar el camino que ha realizado el paño de red en cuestión. Se pudo observar a través de entrevistas con personal de la empresa encargado de atención al cliente que existe un problema a la hora de hacer seguimiento de reclamos de clientes. Es decir, ante la necesidad de obtener información respecto al puesto de trabajo donde se fabricó el producto, el operario que estuvo a cargo, la fecha de corte y demás datos de interés, existe una imposibilidad de obtenerla. Esto se debe a que al momento de la carga de datos en el sistema informático de la organización luego del termofijado, el operario introduce la siguiente información: fecha, peso, material, largo y alto, y obtiene el código de “partida” mencionado anteriormente. De esta manera se omite la información restante de la etiqueta intermedia.

Sumado a esto, se detectó que no hay ningún tipo de información respecto a quién y cuándo llevó a cabo la inspección y reparación del producto. De este modo, se generan dificultades a la hora de tener una retroalimentación sobre el desempeño de los trabajadores, con vistas a lograr un mejor funcionamiento del proceso y una mejor satisfacción del cliente.

2.2.3. Documentación.

En cuanto a la información documentada que acompaña al proceso, se ha detectado un aspecto en el cual la empresa podría mejorar.

Específicamente, en la etapa de Tejido el redero realiza el registro en la tarjeta intermedia de la cantidad mínima de fallas que el operario de inspección deberá detectar en el paño. Si bien esta metodología orienta al operario de inspección con relación a cuántas fallas debe encontrar, evitando dejar pasar algunas de estas, el procedimiento no permite a la gerencia tomar decisiones en base a las no conformidades. Esto se debe a que, si bien se realiza un registro cuantitativo de las fallas, este valor no es acompañado por una descripción o clasificación del tipo de defecto, dificultando el posterior análisis para encontrar su causa raíz. En otras palabras, las fallas que aparecen son solucionadas en el momento, siendo el inspector, el usuario final de esta información.

2.2.4. Etapa de Tejido.

Mediante la observación del modo de trabajo en los puestos de trabajo, entrevistas con operarios del sector de Tejido y la comparación con lo indicado por los mandos medios de la empresa se detectó que la actividad de “llenado de platos” no se realiza en simultáneo con la de “tejido” por las siguientes dificultades. La aparición de fallas durante el tejido se debe en mayor medida a la falta de mantenimiento en las rederas y como resultado de esto, los operarios deben destinar más atención y tiempo al control del normal funcionamiento de estas máquinas. Además, la dificultad para combinar estas tareas se debe en gran medida a que la posición que deben adoptar los trabajadores no es la más indicada ya que deben rotar 180° para dirigirse a las llenadoras de platos, quedando de espaldas a las rederas. Una vez en esta posición, colocan los platos vacíos en las llenadoras, cargan bobinas de hilo en posición e introducen una punta del hilo dentro de los platos antes de accionar por medio de un botón de arranque el mecanismo de la llenadora. Si bien el resto de la tarea se realiza de manera automática, las máquinas no poseen un final de carrera que detenga su marcha al completarse, por lo que los operarios deben detenerla manualmente con un botón de parada. Actualmente esto se realiza por separado, ya que los operarios prefieren relegar productividad a cambio de mantener buenos estándares de calidad en el tejido de las rederas.

Se considera muy útil poder lograr que estas tareas se realicen de manera simultánea, ya que se lograría una mejora en los tiempos productivos muy importante, considerando que el “llenado de platos” es una de las actividades más extensas.

Por otro lado, se puede observar en la etapa de Tejido la existencia de una elevada dispersión entre los ritmos de producción de cada redera (Figura 4). En consecuencia, determinados puestos de trabajo producen al doble de capacidad que otros. De este modo, la empresa no aprovecha al máximo el equipamiento instalado. Si bien existen diferencias en los tiempos de trabajo debido a los operarios de cada puesto, los cuales tienen productividades diferentes, el principal motivo de esta dispersión se da por las diferentes velocidades de tejido de cada redera. Esto se debe a la existencia de maquinarias más modernas cuya velocidad es superior y, por otro lado, a que el desgaste existente en algunas máquinas con mayor tiempo de uso obligó a reducir su velocidad de trabajo a fines de mantener su operatividad.

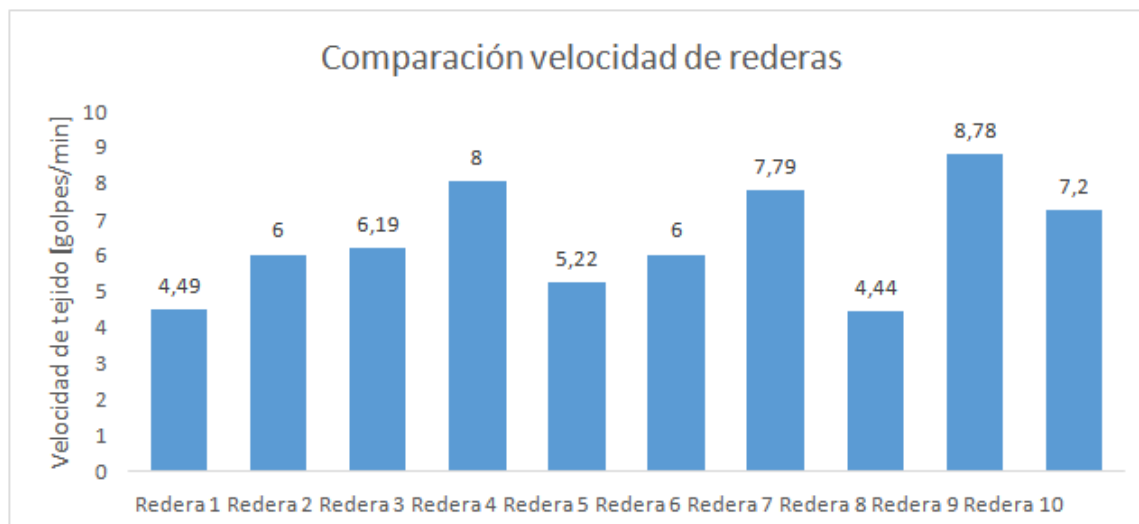


Figura 4 Comparación de velocidad de rederas.

2.3. Propuestas de mejora.

Una vez culminado el análisis crítico correspondiente, se procede a confeccionar un listado con las distintas propuestas de mejora a realizar para corregir los problemas previamente mencionados. A estas propuestas se les da un orden de prioridad según su importancia. Para esto se utiliza una Matriz de Ponderación, obteniéndose como resultado del análisis el orden en el que son clasificadas. Para ello, se evalúan las distintas propuestas en base a diferentes variables, a las cuales se les asigna un peso en base a su importancia relativa. Dichas variables son:

- Impacto en la satisfacción del cliente: 30 %
- Impacto en la productividad del proceso global: 20 %.
- Impacto en la seguridad e higiene del trabajador: 35 %.
- Costos de implementación: 15 %.

Luego de definir estos criterios, se procede a otorgar valores del 1 al 5 a cada propuesta para cada criterio de evaluación. La escala de puntuación se define de la siguiente manera:

- 1: Muy Bajo.
- 2: Bajo.
- 3: Regular.
- 4: Alto.
- 5: Muy alto.

Como resultado de este análisis, se obtuvo que las propuestas de mejoras se ordenan según su prioridad de la manera que se presentan a continuación.

2.3.1. Método de inspección.

Respecto al método de inspección y reparación se propone una modificación, tomando como referencia el sistema utilizado por la organización peruana FISA S.A. En la Figura 5 se puede apreciar el efecto de la metodología propuesta en el puesto de trabajo.

El nuevo método incorpora un rodillo colocado a una altura un tanto superior a la estatura de un trabajador promedio, aproximadamente a dos metros. El operario a cargo hará deslizar el paño de red sobre dicho rodillo manualmente, de forma de hacerlo descender y de esta manera podrá detectar las fallas a la altura de sus ojos. De esta manera, se aprovechará la fuerza de gravedad y el deslizamiento del paño por la sección circular del rodillo para disminuir la fuerza manual que deberá realizar el trabajador. A su vez, la fuerza de gravedad permitirá que las mallas del paño queden estiradas en una dimensión, lo que facilitará al trabajador la detección de disconformidades. Además, se utilizará detrás de la red, un material liso de color blanco o negro, según corresponda, con el fin de generar contraste y facilitar la detección visual de dichas fallas.

Por otro lado, se resguardará la salud de los trabajadores. En virtud de la incomodidad física expresada y su consecuente desmotivación, este nuevo método permitirá solucionar la exposición del empleado a daños en la zona lumbar y cervical por posturas forzadas.

2.3.2. Etiquetado de identificación.

Con el fin de obtener la trazabilidad deseada a lo largo del proceso productivo y mejorar el servicio al cliente, se proponen los cambios que se presentan a continuación. En primera instancia, a la etiqueta intermedia se le agregarán nuevos campos a completar con el objetivo de incorporar información referente a la etapa de Inspección. Esto permitirá ampliar el seguimiento punto a punto sobre el producto y tener un control de esta etapa sobre la cual no se tenía información. En la Figura 6 se presenta la etiqueta propuesta.

En cuanto al campo Inspector, se le proveerá a cada operario de esta área un número de identificación personal con el fin de conocer con exactitud quien llevó a cabo la inspección y reparación del paño de red asociado a cada etiqueta. De la misma manera, y como se está llevando a cabo en la actualidad, los operarios del sector Tejido y Termofijado continuarán con la numeración ya establecida. Por otro lado, se incorpora el apartado QC para el área de Inspección. De este modo se busca tener información cuantitativa respecto a la real cantidad de fallas detectadas y reparadas por cada paño, teniendo en cuenta que el valor QC de la etapa Tejido indicaba una cantidad mínima a detectar. Gracias a este nuevo apartado, la Gerencia tendrá información realista para poder tomar decisiones. A su vez, se suman apartados tales como la “fecha de termofijado” y “fecha de inspección” para poder hacer un seguimiento en el tiempo de cada paño.



Figura 5 Método de inspección propuesto.

N° OT	Cliente		Turno
Largo	Altura	Medida de malla	Hilo
Fecha de corte		Redero	QC
Fecha de inspección		Inspector	QC
Fecha de termofijado		Autoclavó	

Figura 6 Etiqueta intermedia propuesta.

2.3.3. Programa de mantenimiento de rederas.

Tal como se explicó anteriormente, la falta de mantenimiento o el mantenimiento defectuoso de las rederas y sus componentes, afecta directamente a la productividad del proceso, aumentando el tiempo asociado a la reparación de las fallas que generan. Por este motivo, se propone aplicar un conjunto de políticas de mantenimiento para lograr organizar este sector y mejorar su productividad, tal como se presenta a continuación.

Platos.

Se propone realizar acciones de mantenimiento preventivo sistemático. El área de Mantenimiento estará encargada de realizar un relevamiento del estado de estos elementos a intervalos regulares, y en el caso de encontrar desviaciones en los parámetros ideales deberán tomar acciones correctivas. De este modo, se propone que todos los platos de cada redera sean revisados una vez al mes, relevando en el registro propuesto dichas actividades. De esta manera, se logrará tener todos los platos en condiciones a la hora de llevar a cabo las operaciones.

Rederas.

En cuanto a estas máquinas, se proponen acciones a seguir respecto a los rodillos posteriores y al correcto funcionamiento del carro móvil accionado a través de las levas. En cuanto a los rodillos, al ser de material plástico, cuando sus características no cumplen con los estándares requeridos, estos son reemplazados por un juego nuevo. Debido a que este cambio implica la detención de la producción y un trabajo complejo, al ser necesario el desarme completo de la redera, se propone aprovechar la época del año con menor actividad. Teniendo en cuenta que, entre los meses de enero y marzo la actividad de la planta disminuye, se propone realizar un seguimiento mes a mes del estado de los rodillos. De esta forma se asegura conocer su estado para que, a la hora de parar la planta en los meses de menor actividad, se realice el intercambio de aquellos rodillos en estado crítico. Por otro lado, a partir de información provista por los operarios del área de Tejido, el personal de Mantenimiento realiza una lubricación de partes móviles, incluyendo las levas, una vez a la semana. Por consiguiente, se propone la utilización de un registro de lubricación a fines de estructurar y organizar dicha actividad evitando fallas ocasionales en el funcionamiento de las levas por excesiva temperatura o fricción. De este modo, se garantiza que se lleve adelante el proceso de lubricación de forma correcta y ante la aparición de una falla futura se posee información para analizar las razones de dicha disconformidad. En cuanto a las piezas que actualmente se encuentran desgastadas, se propone realizar sobre estas acciones correctivas de mantenimiento. Para esto, existen dos vías de acción: la rectificación o el reemplazo por una pieza nueva. La elección de una sobre la otra, deberá estar analizada en función de costos y de tiempos improductivos por parada de máquina.

2.3.4. Registro de no conformidades en Inspección.

Siguiendo con la lógica previa en cuanto a mejorar el seguimiento de las actividades de la etapa de Inspección, se propone incorporar un registro de no conformidades en ella. Si bien la nueva etiqueta tendrá un apartado donde se cuantificarán las fallas, resulta necesaria la implementación de este nuevo documento para relevar los tipos de no conformidades que aparecen y hacer posible un análisis posterior. En la Figura 7, se presenta el registro propuesto.

Nombre de la empresa	REGISTRO DE NO CONFORMIDAD AREA INSPECCIÓN	Cod.: RE-01.01.01
		Operario:
		Fecha:
Tipo de no conformidad		
Nudo no deseado <input type="checkbox"/>	Material incorrecto <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
Agujero no deseado <input type="checkbox"/>	Material manchado <input type="checkbox"/>	
Descripción de la no conformidad		
FIRMA:		
Rev 0 - Fecha de revisión:	Revisado por:	Aprobado por: Página 1 de 1

Figura 7 Registro de no conformidades.

2.3.5. Llenado de platos y tejido simultáneo.

Para solucionar el problema existente en los puestos de trabajo del área de Tejido, se propone un cambio en ellos. La máquina llenadora de platos se encuentra en la zona posterior a la posición del operario. Si este quisiera realizar en simultáneo estas dos tareas, se encontraría con una dificultad espacial. Por este motivo, y con el objetivo de facilitar la realización de estas tareas de una manera cómoda y segura, se propone una nueva distribución espacial de estas máquinas, colocando la llenadora de platos a un lado de la redera.

Con este cambio, el operario podrá darle inicio y fin a la máquina llena-platos sin perder de vista el funcionamiento de la redera. Dicha propuesta genera una reducción en los tiempos del ciclo de tejido incrementando la capacidad productiva del sector.

2.3.6. Programa de recambio de rederas.

Con el fin de solucionar el problema del área de Tejido en cuanto a la dispersión existente entre las capacidades productivas de cada redera, se presenta a continuación un programa de recambio de estas. De esta manera, se busca establecer un orden de prioridad, posicionándolas desde la más crítica a la que presenta mejores condiciones. Para esto, se procede a la realización conjunta de dos niveles de ordenamiento. En primer lugar, se toma como prioridad, la velocidad de trabajo de cada una. En segundo lugar, se las compara con las máquinas de similares características y modelos. Es decir que, ante la presencia de rederas que trabajen a bajas velocidades similares, se priorizará para el recambio aquella que se encuentre en peor situación frente al resto de las rederas de similares características. De este modo, se tendrá en cuenta a la hora de seleccionar una redera para cambiar, aquella que posee mayor margen de deficiencia.

2.4. Indicadores y tablero de control.

Para realizar el seguimiento de las propuestas de mejora y, además, del proceso en su conjunto, se propone la utilización de un tablero de control. Para su confección se tienen en cuenta cuatro perspectivas, las cuales deben estar representadas por diferentes indicadores. Dichas perspectivas son:

- Financiera.
- Cliente.
- Procesos internos.
- Formación y crecimiento.

2.4.1. Indicadores.

Los indicadores de medición propuestos categorizados y codificados según las perspectivas previamente mencionadas se presentan en la Figura 8.

Perspectiva	Indicadores	Código
Financiera	Ingresos	F1
Cliente	Atención de reclamos	C1
	Entrega a tiempo	C2
Procesos internos	Platos recargados	P1
	Agujeros no deseados	P2
	Nudos no deseados	P3
	Capacidad global del proceso	P4
Formación y crecimiento	Satisfacción de empleados	FC1
	Sugerencias de empleados	FC2

Tabla 8 Indicadores según perspectivas.

2.4.2. Tablero de control.

A partir de los indicadores definidos previamente se propone un tablero de control, que se presenta en la Figura 9. Se completa para cada indicador, los parámetros previamente definidos: límite inferior, superior y meta. Luego, se calculan y se asientan los resultados de cada medición, de acuerdo a la frecuencia estipulada para cada indicador.

TABLERO DE CONTROL OPERATIVO																	
Responsable:																	
Codigo	Indicadores	Limite inferior	Limite superior	Meta	Ultima fecha de revision	Mediciones											
						Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Indicadores de medicion mensual																	
C2	Entrega a tiempo	80%	100%	90%													
P1	Platos rellenos	0%	10%	0%													
P2	Agujeros no deseados	0%	100%	20%													
P3	Nudos no deseados	0%	100%	20%													
Indicadores de medicion semestral																	
C1	Atencion de reclamos	90%	100%	100%													
P4	Capacidad global del proceso	0,89	-	0,93													
FC 1	Satisfaccion de empleados	0%	100%	50%													
FC2	Sugerencias de empleados	10%	-	20%													
Indicadores de medicion anual																	
F1	Ingresos por ventas de redes	5%	-	15%													

Figura 9 Tablero de control.

Es importante aclarar que completar el tablero de control no es un fin en sí mismo. Debe realizarse un análisis posterior de los resultados con el objetivo de definir un accionar acorde al estado en el que se encuentra cada indicador. Estas acciones incluyen: continuar con la forma en la que se desarrollan las actividades actualmente, implementar cambios o revisar los parámetros establecidos.

3. CONCLUSIONES.

Se realizó un análisis de la situación presente del sistema productivo de fabricación de redes, con mirada crítica y con el objetivo de proponer mejoras.

Una vez descrita la situación actual, se procedió a realizar el análisis crítico haciendo hincapié en distintas cuestiones tales como: cuello de botella presente, método de inspección de paños de red, trazabilidad de productos terminados, información documentada que acompaña el proceso, secuencia de operaciones en tejido y mantenimiento y recambio de rederas.

En base a las cuestiones detectadas, se presentaron distintas propuestas de mejora para cada una de ellas. Estas fueron ordenadas por importancia a través de una matriz de priorización donde se tuvieron en cuenta las siguientes variables: satisfacción del cliente, productividad, seguridad e higiene, costos y posibilidad de aplicación. Dicho esto, las propuestas en el orden correspondiente son:

- Cambio de método de Inspección: se propuso una modificación en la forma de trabajo de esta área mediante la implementación de rodillos donde se deberán colocar las redes. Se lograrán mejoras ergonómicas, de eficiencia y productividad, logrando además eliminar el segundo control de calidad realizado en la etapa siguiente.
- Etiquetado de identificación: se propuso la implementación de una nueva etiqueta que contenga mayor información respecto al camino de producción que realiza el paño de red asociado, como también que a la hora de registrar el producto en el sistema informático se cargue la totalidad de la información presente en la etiqueta, evitando la omisión de algún campo.
- Programa de mantenimiento de rederas: se planteó la necesidad de realizar mantenimiento preventivo sistemático en los platos de las rederas, rodillos posteriores y levas de movimiento del carro.
- Registro de no conformidades en Inspección: se planteó la incorporación de un registro de no conformidades en el área de Inspección a fines de obtener información útil de las fallas y poder tomar acciones que pudieran corresponder.
- Llenado y tejido simultáneo: se propuso que las tareas de llenado y tejido se realicen en simultáneo y se observó que, de esta manera, la capacidad productiva se vería aumentada desde 1,18 r/h hasta 1,34 r/h, es decir, lograría aumentar un 13,5 %.
- Programa de recambio de rederas: se estableció el orden en el cual las rederas deberán ser reemplazadas a la hora de realizarse una futura inversión, a fines de eliminar las desviaciones entre los distintos ritmos de producción de cada una de ellas.

Se concluye con la presentación de las propuestas de mejora y el diseño del tablero de control para dar seguimiento tanto a dichas propuestas como al proceso en su conjunto y facilitar la toma de decisiones por parte de la Dirección.

Finalmente, se considera que los objetivos planteados al inicio del trabajo se pudieron desarrollar de manera favorable, siendo de vital importancia las herramientas de Ingeniería Industrial aplicadas

para el relevamiento, análisis y propuesta de mejoras sobre un caso real en una planta de manufactura de la ciudad de Mar del Plata.

4. REFERENCIAS.

- [1] Chase, R., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones - Producción y cadena de suministros*. México. 12ª edición. McGRAW-HILL. México.
- [2] Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar (2010). *Metodología de la Investigación*. México. 5ª edición. McGRAW-HILL. México.
- [3] Comunicación personal con el Sub Gerente de Producción de la empresa. 05 y 06 de noviembre de 2018. Mar del Plata, Argentina.
- [4] Summers, Donna C. S. (2006). *Administración de la calidad*. México. 1ª edición. Ed. Pearson Educación. México.
- [5] O.I.T (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Suiza. 4ª edición. Organización Internacional del Trabajo. Suiza.
- [6] Norton, David P., Kaplan, Robert S. (2002). *Cuadro de mando integral*. Barcelona. 2ª edición. Ed. Gestión. Barcelona.
- [7] Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (2015). *Posturas de trabajo: Evaluación del riesgo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid.

Metodología DMAIC aplicada en una citrícola

Díaz, Hernán*; Alves, Nancy; Migliavacca, Julieta; Bello, Eli

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
Avda. Independencia 1800. San Miguel de Tucumán*

diazherman22@gmail.com, nalves@herrera.unt.edu.ar, jmigliavacca@herrera.unt.edu.ar
ebello@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

Las empresas para mejorar el rendimiento tanto en consumo de materias primas e insumos, trabajan bajo la filosofía de la mejora continua. En este sentido la mitigación en la obtención de materiales desperdiciados se convierte en un propósito constante.

El área sembrada en Argentina con limoneros alcanza las 50.000 ha, de las cuales el 90% se encuentra en Tucumán, y la producción de cítricos de Argentina en 2018 fue de 2.600.000 t, de las cuales el 60% corresponde a limones.

Las pérdidas de materias primas durante el 2018 en la citrícola donde se realizó este trabajo, superaron los U\$D 2.500.000 y el 50% se concentró en el sector de descarga de fruta.

La metodología DMAIC se utiliza a los efectos de poder reducir las pérdidas y mejorar los procesos a nivel de ingeniería, producción y calidad. Siguiendo dicha metodología se conformó un equipo multidisciplinario de trabajo. Se identificaron las causas potenciales de pérdidas en cada etapa del proceso de producción, se priorizaron las acciones de mejora y se asignaron responsables para su implementación. Por último, se adoptaron herramientas de gestión para mantener bajo control las mejoras implementadas.

Llevando a cabo esta metodología se logró reducir la generación de descarte orgánico de un 1,30% del año 2018 a un 0,59% en los primeros meses del 2019, significando un impacto económico positivo de U\$S 1.100.000 para la compañía.

Palabras Claves: metodología DMAIC, proceso productivo del limón, mejora continua.

ABSTRACT

Companies to improve performance in both raw materials and input consumption work under the philosophy of continuous improvement. In this sense mitigation in obtaining wasted materials becomes a constant purpose. The area planted in Argentina with lemon trees reaches 50,000 ha, of which 90% is in Tucumán, and the production of citrus fruits from Argentina in 2018 was 2,600,000 t, of which 60% corresponds to lemons.

Commodity losses during 2018 in the citrícola where this work was carried out exceeded US\$2,500,000 and 50% concentrated in the fruit discharge sector.

The DMAIC methodology is used to reduce losses and improve processes at the engineering, production and quality level. Following this methodology, a multidisciplinary team of work was formed. Potential causes of losses were identified at each stage of the production process, improvement actions were prioritized, and responsible were assigned for implementation. Finally, management tools were adopted to keep implemented improvements under control.

This methodology reduced organic discard generation from 1.30% in 2018 to 0.59% in the first months of 2019,, meaning a positive economic impact of US\$1,100,000 for the company.

Key words: DMAIC methodology, lemon production process, continuous improvement.

1. INTRODUCCIÓN

Mantener sistemas de producción altamente competitivos con lo que se garantice una rentabilidad sobre la inversión que se ha realizado por parte de los grupos de interés, es cada día un trabajo más arduo. Es así como aumentar la eficiencia de los equipos es una parte fundamental para alcanzar estos objetivos, con lo que mejorar el rendimiento tanto en consumo de materias primas e insumos, como en velocidad de producción es el desafío para las compañías que buscan la mejora continua. El concepto Seis Sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esta filosofía busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variabilidad de cualquiera de los procesos. Aunque a muchas personas les ha costado entender, una de las grandes enseñanzas del Dr. William Edwards Deming fue buscar el control de variación de los procesos lo cual es medido por medio de la desviación estándar.

Seis Sigma como filosofía de trabajo significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyados en la aplicación de la metodología DMAIC (la sigla significa, D definir, M medir, A analizar, M mejorar y C controlar), la cual por medio de pasos sistemáticos, permite realizar un diagnóstico de la problemática a trabajar por medio de la caracterización del proceso y la aplicación de herramientas estadísticas para identificar las causas que mayor impacto tiene sobre el problema, para con esto llegar a proponer mejoras encaminadas a mitigar dicho impacto y convertirse en un proceso de mejora continua.

En conclusión, el objetivo del presente trabajo es mostrar la experiencia concreta en una citrícola tucumana de como mediante la aplicación de esta metodología y el uso de herramientas de gestión se redujo el nivel de desperdicios de los procesos, concretamente pérdidas de materia prima a lo largo del proceso, para obtener una mejora considerable en la productividad de la empresa.

1.1. Proceso productivo de la empresa bajo estudio

La empresa es una compañía líder de fruta fresca y de alimentos frutihortícolas procesados con valor agregado del hemisferio sur. Ofrece una amplia gama de productos para industrias, derivados de los limones, naranjas, mandarinas y pomelos. Los cítricos son productos que requieren métodos especiales de procesado, tales como las operaciones de ingreso de la fruta, lavado y clasificación, extracción del aceite, extracción del jugo y cáscara.

La fruta que ingresa a la planta puede tener dos orígenes, y es muy importante tenerlo en cuenta. Puede venir directamente desde fincas donde fue cosechada, o proceder como descarte de un empaque (fruta que no reúne las especificaciones para venderse como fruta fresca). La fruta desde las fincas ingresa a la planta en bins o a granel y una vez descargada se alimenta a un separador de impurezas [1], siendo el primer punto de generación de descarte orgánico (DO), constituido fundamentalmente por hojas y palillos, propio de la fruta.

La fruta ingresa a una batea con agua, donde se lava y se elimina parte de la tierra que trae. A continuación, pasa por un sistema de lavado con agua a presión (aspersores), mientras la fruta gira sobre cepillos rotativos. La fruta limpia, libre de materiales extraños ingresa a la planta [1] al proceso de extracción, donde la fruta es clasificada por tamaño para mejorar la eficiencia de extracción de aceite de cada una de las Brown Extractor Oil (BOE).

El extractor de aceite Brown, extrae el aceite esencial alojado en pequeñas vesículas ubicadas en el flavedo del fruto; la liberación del aceite ocurre a través de micro perforaciones provocadas por un conjunto de rolos con puntas de acero inoxidable, que giran con velocidad variable entre ellos y además se mueven axialmente asegurando la perforación de totalidad de la superficie de la fruta. El aceite es recibido en un lecho de agua, donde se forma el licor primario (emulsión); esto ocurre sin afectar la integridad de la fruta.

La emulsión de aceite obtenida se lleva a un tamiz vibrador donde se eliminan los materiales sólidos (aserrín), mientras que la fruta que sale de las BOE continúa su recorrido por la línea hacia el proceso de extracción de jugo [1].

La emulsión antes de ser centrifugada para separar las fases pasa por una serie de separadores de sólidos, primero de grandes partículas (hojas o mitades de limones) y luego de partículas pequeñas o aserrín [1].

La suspensión aceitosa se separa, mediante una centrifuga de separación de lodos, en una emulsión rica en aceite, una fracción acuosa y un lodo semisólido. La emulsión concentrada se centrifuga en una pulidora de aceite que separa la emulsión en una fase pesada que se desecha y una fase ligera compuesta por aceite limpio [1].

La fruta que salió de las extractoras de aceite, son clasificadas por tamaño para hacer más eficiente el proceso de extracción de jugo.

El extractor de jugo consta de cinco cabezales, cada uno formado por un par de copas, superior e inferior. Cuando se coloca la fruta en la copa inferior, la copa superior baja y exprime la fruta haciendo presión sobre la copa inferior [1]. Ambas copas, superior e inferior, presentan sendos orificios en su parte central; un borde cortante produce en la parte inferior de la fruta una sección de aproximadamente 2,5 cm de diámetro y toda la parte interior de la fruta se fuerza a través del orificio inferior hacia el interior de un tubo perforado. Este tubo perforado presenta un estrechamiento del

diámetro en su parte inferior, lo cual genera una presión sobre el material de la fruta que entra en el mismo: el jugo pasa a través de la perforaciones del tubo y se expulsa por la parte trasera de la maquina hacia los equipos de procesado de jugo, mientras que el material del corazón del fruto (hollejo) se expulsa por la parte inferior del tubo perforado y generalmente se desecha por la parte inferior del extractor, y cae por la parte trasera inferior de la maquina a un transportador sin fin que lo lleva a un proceso de lavado para extraerle jugo o directamente se lo envía al proceso de cáscara. Paralelamente a esto, la cáscara cae debajo del extractor en un caracol que también lo transporta hasta el proceso de deshidratado de cáscara [1].

En la figura 1 se presenta el proceso desde el ingreso de la fruta hasta la obtención de las líneas de aceite, jugo y cascara.

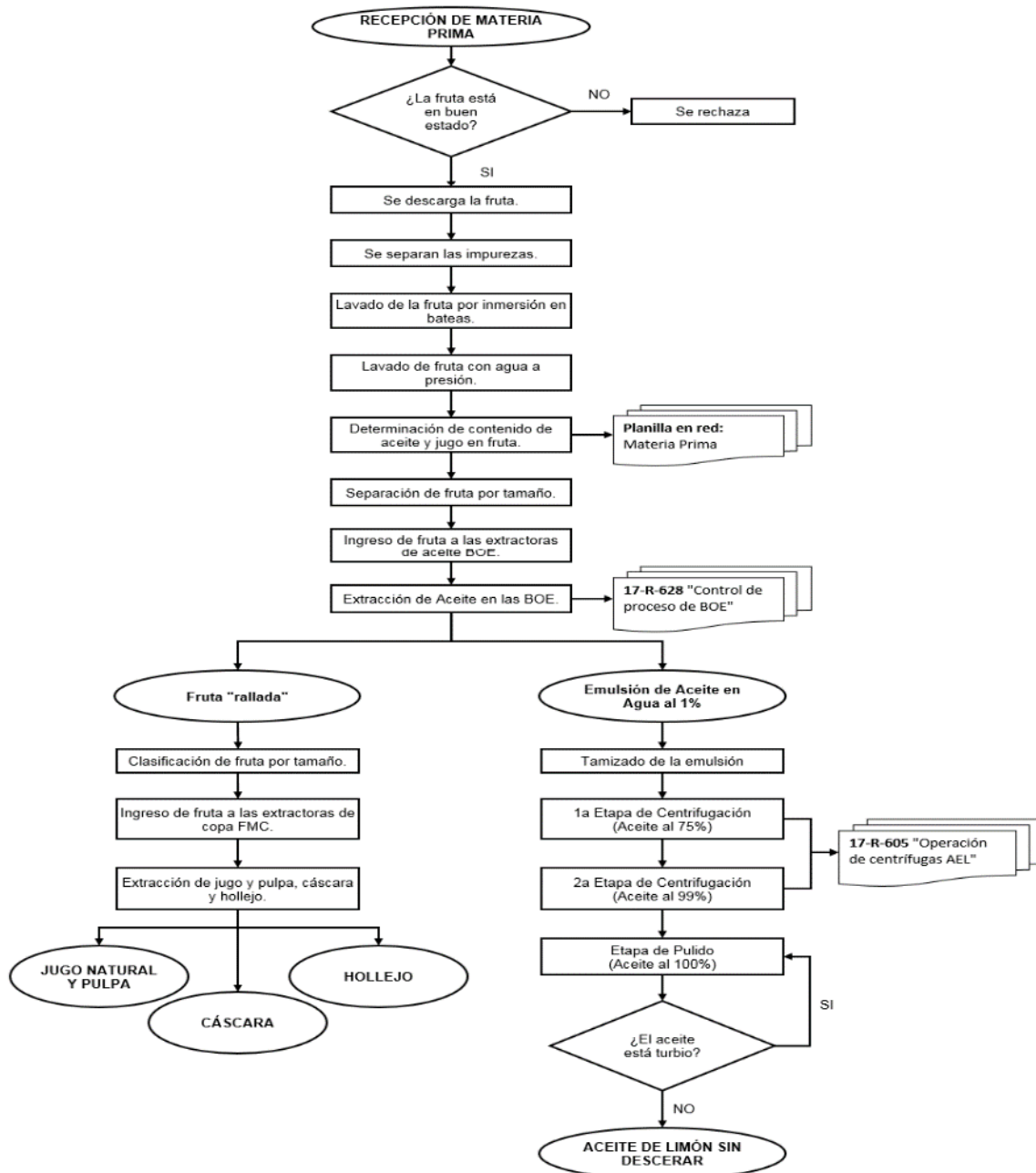


Figura 1. Flujoograma del proceso.

2. METODOLOGIA

A lo largo de todo el proceso, desde el ingreso de la fruta hasta la transformación en todos sus subproductos, se generan puntos de acumulación de materia prima (MP) fuera del circuito. Esta MP no seguirá rumbo hasta la última etapa del proceso, sino que se convierte en DO del sector.

El no aprovechamiento de esta MP provoca un costo extra para la empresa, ya que es fruta que ha sido cosechada para ser industrializada y termina convirtiéndose en un desperdicio.

Para entender la situación se utilizaron datos de la molienda y el descarte relevados a lo largo de un período (comienzo de temporada 2018) que se analizaron con ayuda de gráficos para calcular el impacto económico que le genera a la compañía.

El proyecto se establece en función de lo analizado anteriormente y se deja plasmado en un Project Charter o Acta Constitutiva del Proyecto, donde también se definen las personas involucradas en el proyecto, el alcance de este y cuáles serán los entregables que surgirán del grupo para poder controlar el cumplimiento del objetivo.

Con ayuda del layout del sector se inicia la medición de la situación actual. Realizando un relevamiento in situ de la planta de alimentos procesados con el fin de identificar aquellos puntos del proceso en donde se genera el DO. Una vez identificados estos puntos, mediante el uso de planillas de inspección y colaboración de operarios, se cuantifica el volumen de descarte que se genera en cada uno de ellos.

Luego de recopilada toda la información en el campo y cargada en una base de datos, mediante Pareto se prioriza el análisis de los puntos de generación más críticos y también se calcula la capacidad del proceso actual para poder tener una idea de cuánto debe cambiar el proceso para alcanzar el objetivo del proyecto.

Identificados los puntos críticos de generación de DO y con ayuda del Diagrama de Ishikawa y de los 5 por qué, se realiza un análisis de causas raíz de la pérdida de MP en cada uno de los puntos mencionados.

No todas las causas que originan la pérdida de MP a lo largo del proceso son igual de importantes o críticas, es por esto que se debe implementar una Matriz de Priorización que permita identificar rápidamente aquellas acciones que permitan anular la generación de DO. Para tener un seguimiento y control del cumplimiento de las acciones desprendidas del grupo, se realiza un Action Log definiendo responsable y fecha límite para el cumplimiento/cierre de cada acción.

Todas las acciones que requieran mejoras en el proceso y/o estructura deben realizarse en el periodo de producción 0 (post temporada 2018 y previo a la temporada 2019), con lo cual la verificación del grado de impacto de cada acción llevada a cabo se realizará durante la molienda del año 2019.

El seguimiento de las variables se debe hacer de una manera práctica, por esto se propone implementar nuevos indicadores claves del proceso (KPI por sus siglas en inglés) que permitan tener una identificación más rápida de cualquier desvío en la generación de DO diaria. Las herramientas informáticas utilizadas son las planillas de cálculo y el Power Bi que toma como la planilla de cálculo y permite trabajar la información en gráficos.

Con aquellas acciones que hayan sido efectivas se procede a estandarizarlas mediante procedimiento operacional estandarizado (POE) e insertar dichos procedimientos en el plan anual de capacitación para los operarios.

A lo largo de todo el proyecto se utiliza la metodología DMAIC, una herramienta de seguimiento de proyectos que consta de 5 pasos o etapas, cuyas iniciales conforman su nombre. Estas son: 1) Definir: el área y marco de trabajo, la problemática, el enfoque del proyecto y las herramientas a utilizar. 2) Medir: métricas que nos ayuden a conocer la situación actual en la que se encuentra la línea. 3) Analizar: los datos que se recogieron para tratar de obtener las causas de dichos problemas y realizar propuestas de acciones que corrijan dichos causantes. 4) Implementar: las propuestas determinadas en el plan de acción, respaldadas mediante análisis de costo-beneficio y de priorización. 5) Controlar: según parámetros e indicadores establecidos el desempeño de dichas implementaciones y verificar el cumplimiento de los objetivos.

2.1. Aplicación metodología DMAIC

D: Definir

El problema en la planta es, que desde que se produce el ingreso de fruta al proceso hasta que la misma se transforma en subproductos, hay varias etapas en donde se genera una pérdida de MP. El DO está formado por la fruta que cae fuera del proceso más las hojas y ramas que ingresan con la fruta proveniente desde fincas. La molienda neta es la diferencia entre la molienda bruta (totalidad de fruta que ingresó al proceso en el día) y el descarte orgánico. Para cuantificar el problema se tomó el relevamiento de los valores de DO de los primeros tres meses de la temporada 2018 (Marzo – Abril – Mayo) y se comparó con igual periodo 2017 el % de DO.

En los tres primeros meses de 2017, en promedio, se obtuvo 0,51% de DO, mientras en 2018 de 0,89 %, generando un impacto económico de U\$D 508.379 en las pérdidas de MP en el año 2018. Planteada la problemática se diseñó un proyecto para abordarla de manera sistemática.

Se realizó un Project Charter, donde se indicó el nombre del proyecto, los alcances, metas estimadas a cumplir, personas que conforman el trabajo, clientes (gerentes del negocio) y plazos de cada etapa. Constituyó una herramienta importante de comunicación y referencia para el proyecto. Como último eslabón del estudio previo, se realizó un análisis SIPOC, o sea se estudió a los Proveedores, las Entradas, los Procesos, las Salidas y los Clientes del proceso (SIPOC). A partir de la observación de las etapas del proceso (P) y sus salidas se apreció un problema común a cada una de ellas que era la pérdida física de producto.

M: Medir

Se realizó un relevamiento del Sector de Ingreso y Extracción de Fruta para detectar las pérdidas de MP en el proceso. Con ayuda de un plano de planta se fueron identificando todos aquellos puntos donde se produce caída de fruta fuera del proceso y además se cuantificó el volumen de descarte generado en cada uno de esos puntos. Con estos valores se generaron se construyó Cartas de Control Media –Rango Móvil.

En la Figura 2 se aprecia un gráfico de Pareto de pérdidas de MP en los distintos sectores del proceso. Se observa que las áreas de Descarga de Fruta y Extractoras de Jugo suman el 80,8% de las pérdidas de MP del proceso. A partir de este análisis, se pudo subdividir cada uno de estos sectores, Descarga y Extractoras, en los distintos puntos donde se observa caída de MP fuera del proceso para poder identificar a su vez, cuáles son los puntos que se deben atacar para reducir la pérdida de fruta.

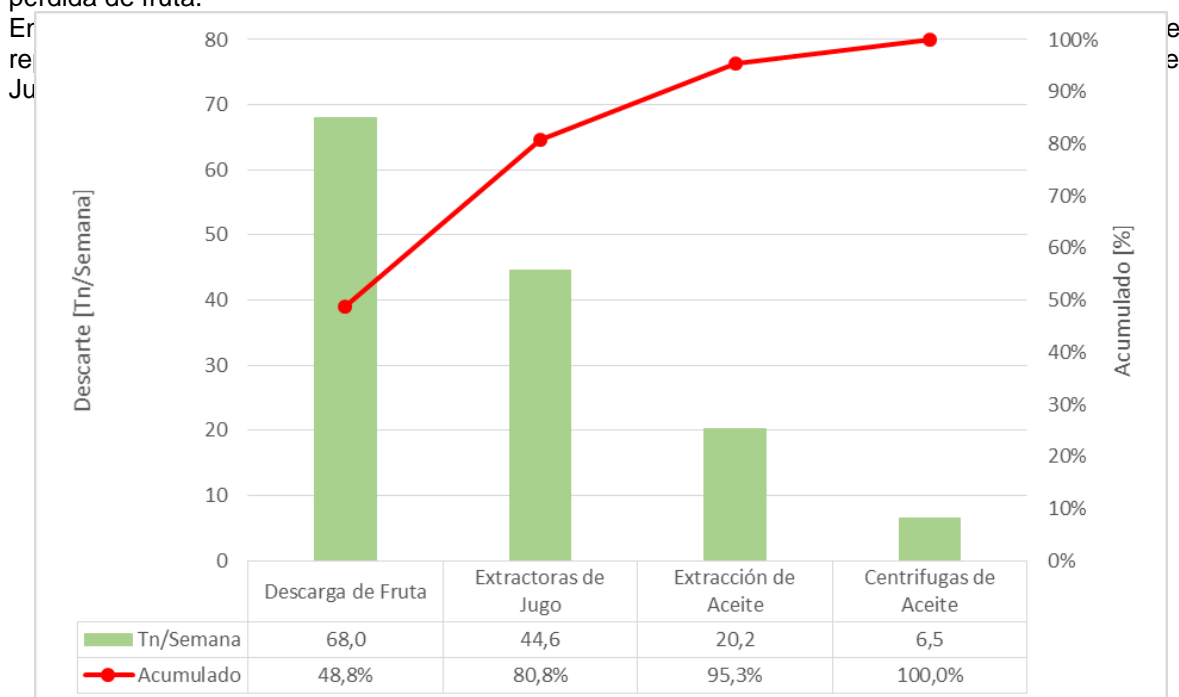


Figura.2. Gráfico de Pareto por sectores del proceso.

Una de las hipótesis del análisis de capacidad de los procesos es que los datos de la muestra sigan una distribución normal. Es por esto que se debe aplicar el Test de Jarque-Bera para comprobar si una muestra de datos tiene la asimetría y la curtosis de una distribución normal.

Como la distribución de los datos cumple con los parámetros de coeficiente de asimetría (C.A.) = ± 0.5 y coeficiente de [curtosis](#) (C.C.) = ± 0.5 , se la denomina curva normal.

El Índice de Capacidad del Proceso (Cp) [2] se calcula para conocer cuál es la capacidad del proceso para cumplir con el nuevo objetivo planteado. El Cp compara el ancho de las tolerancias (propuestas para el proyecto) con la amplitud de la variación del proceso y se calcula mediante Ecuación (1), donde LES y LEI son los límites de las especificaciones superior e inferior, respectivamente.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} \quad (1)$$

El Cp que se obtiene es 0,49 o sea menor que 1, por lo que la variación del proceso es mayor que la amplitud de las especificaciones (1,00% máximo). Además como el Cp es menor que 0,67 por definición el proceso requiere de modificaciones serias para mejorarlo. Cabe destacar que el índice Cp mide si la variabilidad del proceso puede adaptarse dentro del rango de la especificación. No indica si el proceso está funcionando en realidad dentro de la especificación, porque el índice no

incluye una medida del promedio del proceso. Para dar solución a esto, se utiliza el Índice de Capacidad Real (Cpk) [2], mediante la Ecuación (2).

$$Cpk = \left(\frac{LES - \bar{X}}{3\sigma} ; \frac{\bar{X} - LEI}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

El Cpk calculado da $-0,09$ o sea, es menor que el Cp, lo que indica que el proceso no está centrado. Además el valor negativo de Cpk indica que la media del proceso es superior al Límite de Especificación Superior, por lo tanto está fuera de los límites establecidos como objetivo.

A: Análisis

A partir de una lluvia de ideas se elaboran los Diagramas Espina de Pescado para la caída de fruta del elevador de cinta a tacos y caída de fruta en la volcadora de bins. Se obtuvo como conclusión que la mayor cantidad de causas por las que existe caída de fruta se agrupan en el ítem Maquinaria. Identificadas las posibles causas potenciales de las principales pérdidas de MP a lo largo del sector de Ingreso y extracción de Fruta, se realizó un análisis con la herramienta 5 porqué que se expone en la Tabla 1.

Tabla 1. Herramienta 5 por qué para el problema de caída de fruta del elevador de cinta a tacos en el sector de descarga.

Sector		INGRESO Y EXTRACCIÓN DE FRUTAS				
Descarga		Caída de fruta en el elevador de cinta a tacos				
Problema		Caída de fruta en el elevador de cinta a tacos				
	1° ¿Por qué?	2° ¿Por qué?	3° ¿Por qué?	4° ¿Por qué?	5° ¿Por qué?	
A	Fruta debajo del elevador de cinta a tacos.	Caída de fruta por los laterales del elevador.	Sobrealimentación de fruta en el elevador	Descuido del operario para regular alimentación		
B				Falta de homogeneización en la entrada del elevador		
C		Retorno de fruta del elevador	Fruta rebota en la salida del elevador e ingresa nuevamente	Mal diseño de la salida de fruta del elevador		
D		La fruta que retorna no tiene una salida al descarte	Hay un chapón cerrado en la parte inferior del elevador			
E	Acumulación de fruta en la entrada de la cinta a tacos	La fruta se acumula detrás del brazo derivador	La bifurcación no está cerrada de ambos lados	Mal diseño de la bifurcación de la fruta		
F	Un elevador transporta mas fruta que otro	No existe una buena separación de la alimentación.	Mal diseño de la bifurcación de la fruta			
G	Diferencia en la forma de trabajar de los operarios.	Cada cual tiene diferentes criterios para la toma de decisión.	Falta de un instructivo que estandarice la manera de hacer las cosas			

En la tabla 1 se puede ver las distintas causas potenciales de la caída de fruta (MP) a lo largo del proceso. La misma tabla se realizó para el problema caída de fruta en la volcadora de bins. Si bien estas causas potenciales podrían asegurar una real mejora en la disminución de pérdidas, es necesario priorizarlas, ya que cada una tiene un esfuerzo y un impacto involucrado diferente.

I: Implementar

Para medir el impacto de las mejoras se consideró el impacto que tiene sobre la productividad, calidad, seguridad y recursos. Para medir el nivel de esfuerzo que requerían las mejoras, se consideró el costo de la mejora, tiempo en ejecutar la mejora, procedimiento y costo de

mantenimiento de la mejora. Para cada acción de mejora se evaluó el impacto y el esfuerzo, cuya puntuación se plasmó en la Tabla 2.

Tabla 2. Puntajes obtenidos para priorización de mejoras

MATRIZ DE PRIORIZACION DE MEJORAS							
N°	Acción	Nivel de Impacto	Nivel de Esfuerzo	N°	Acción	Nivel de Impacto	Nivel de Esfuerzo
	Descripción				Descripción		
1	Homogeneizar la entrada de fruta al elevador de cinta a tacos	4	2	11	Coordinar las pausas de los operarios para cubrir correctamente los puestos	6	4
2	Modificar la salida de fruta del elevador de cinta a tacos	4	4	12	Reparar automatismo y sensores del circuito de volcado de bins	10	10
3	Modificar chapón de la parte inferior del elevador	6	2	13	Aumentar el ángulo de volcado del bins	6	6
4	Cambiar la bifurcación de la fruta en la entrada del elevador de cinta a tacos	6	2	14	Estandarizar altura de los bins	2	4
5	Redactar instructivo para estandarizar la forma de operar el elevador	6	4	15	Capacitar a la operación sobre la segregación de bins en mal estado antes de cargarlos en la volcadora.	6	4
6	Planificar y ejecutar mantenimiento preventivo de los cilindros neumáticos de baberos	8	6	16	Planificar y ejecutar mantenimiento preventivo de la mesa de rodillos	6	6
7	Modificar forma en que la goma del babero apoya en los camiones	4	6	17	Anular los cantos filosos de los derivadores de fruta	6	4
8	Estandarizar operación de la descarga de camiones	8	6	18	Rediseñar el chasis de la cinta inclinada de extractoras	8	8
9	Estandarizar el chequeo de HyS para aprobar el camión para descargar	6	6	19	Definir rutina de los operarios de extractoras para evitar atascamiento de máquinas	2	4
10	Procedimentar la coordinación de las descargas de fruta para no desabastecer industria	6	4	20	Mejorar la distribución de la fruta entre distintas líneas extractoras	4	8

Se creó una matriz de priorización de mejoras, figura 3, en donde las mismas se clasificaron según el impacto que tendrían al ser implementadas y el esfuerzo que requerían para lograr la implementación.

En la **zona A** (Alto Impacto/Bajo Esfuerzo) se encuentran las mejoras 3, 4, 5, 10, 11, 15 y 17, sobre estas mejoras se debería trabajar principalmente.

En la **zona B** (Alto Impacto/Alto Esfuerzo) aparecen las mejoras 6, 8, 9, 12, 13, 16 y 18, estas mejoras se deberían simplificar o dividir en etapas e implementarse en el mediano plazo, ya que necesitan una inversión de tiempo y económica mayor.

En la **zona C** (Bajo Impacto/Bajo Esfuerzo) están las mejoras 1, 2, 14 y 19, estas mejoras se deberían realizar si no existen otras prioridades en el área.

Por último en la **zona D** (Bajo Impacto/Alto Esfuerzo) recaen las mejoras 7 y 20.

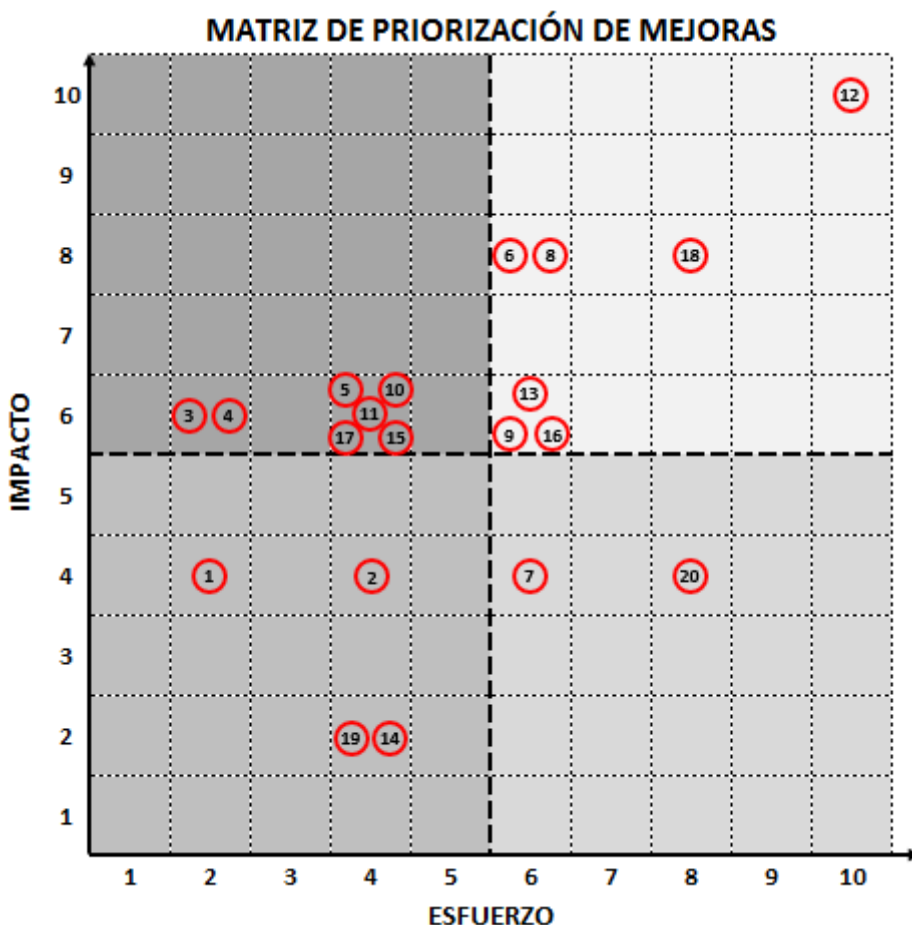


Figura 3. Matriz de priorización de mejoras para eliminar las causas potenciales de pérdidas de MP en el sector de Ingreso y Extracción de Fruta.

C: Controlar

Una vez priorizadas las mejoras, se elaboró un plan de trabajo con las acciones a realizar, poniéndole fecha límite de ejecución y las áreas responsables de llevar adelante cada una de las mejoras. También se elaboró un Diagrama de Gantt para poder hacer un rápido seguimiento de las mejoras.

Dentro de las mejoras clasificadas como Alto Impacto/Bajo Esfuerzo implementadas se destacan la modificación de la bifurcación en la entrada de fruta al elevador de cinta a tacos, ampliación de la apertura inferior del chapón que recubre la cinta a tacos para que la fruta que retorna por la cinta no se deposite en la fosa y también la redacción de un instructivo para coordinar las distintas descargas de fruta.

Otras acciones de Alto Impacto/Bajo Esfuerzo que se ejecutaron son las de capacitar a la operación sobre la segregación de bins en mal estado antes de subirlo a la volcadora e identificarlos en un espacio físico en la playa de bins. En el sector de extractoras se anularon los cantos filosos de los derivadores de fruta que generaban fruta partida.

Como actividades comprendidas en la etapa de Control de la metodología DMAIC, la principal tarea del grupo una vez implementadas las mejoras fue estandarizar los nuevos instructivos y procedimientos operacionales. Estos fueron incluidos en las inducciones al personal en el comienzo de campaña y en el plan anual de capacitación, y colocados físicamente en los puestos de trabajo. Finalmente, para la última fase de control, se estandarizaron los nuevos instructivos y procedimientos operacionales y se diseñó un circuito de recolección de los DO generados en los distintos sectores (sector de descarga de fruta, sala de extracción de aceite y sala de extractoras de jugo) juntamente con un tablero de control para seguir diariamente el porcentaje de DO generado de manera sectorizada y global a nivel planta.

Durante 2019 se aplicaron las acciones diseñadas y se recogió la información sobre el % de DO. Para determinar la distribución de probabilidad de los datos recogidos se aplicó el Test de Jarque-Bera, denotando normalidad. Se calculó el Cp resultando ser menor que 1, por lo que la variación del proceso sigue siendo mayor que la amplitud de las especificaciones (1,00% máximo), pero es considerablemente mayor al Cp inicial. La capacidad del proceso aumentó de un $Cp_{inicial}$ de 0,49 a un Cp_{final} de 0,926, con lo cual la variabilidad del DO está próxima a adaptarse dentro del rango de especificación.

El índice de Capacidad Real (Cpk) se mide para conocer cuan centrado está el proceso en los límites de especificación [2].

Al calcular el Cpk resultó ser menor que el Cp, lo que indica que el proceso no está centrado, pero el valor positivo de Cpk indica que la media del proceso es inferior al límite de especificación superior.

El Cpk del proceso pasó de un -0,09 a un 0,76, con lo cual la media del proceso pasó de estar fuera de los límites de especificación a estar dentro de dichos límites. Por otra parte, la media está más centrada a los límites de especificación.

El gráfico de Capacidad del Proceso también tuvo una variación favorable respecto al 2018 como se puede ver en la figura 4.

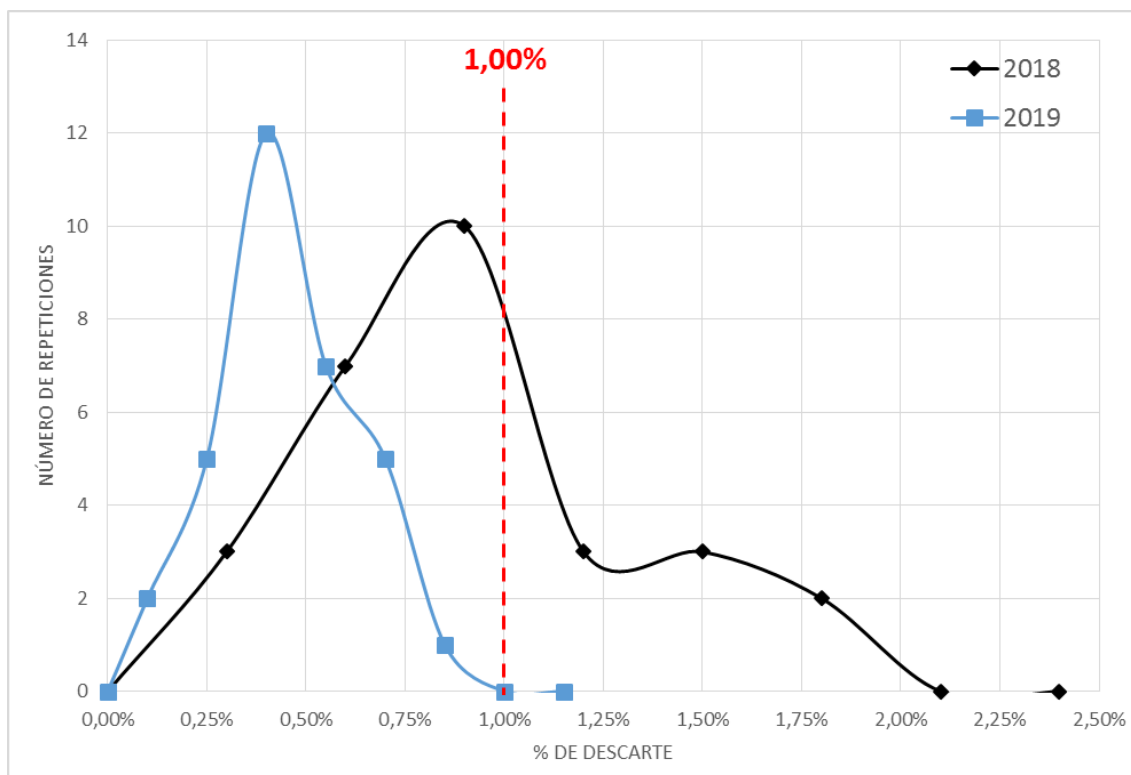


Figura 4. Gráfico comparativo de capacidad del proceso año 2018 vs 2019.

3. CONCLUSIONES

La mejora continua es una estrategia fundamental para aumentar la competitividad de cualquier empresa en la actualidad. Las compañías quisieran crecer mediante la utilización de todos sus recursos a su máxima capacidad, pero en la mayoría de las ocasiones esto no se consigue.

En este trabajo se mostró la aplicación de la metodología Seis Sigma, mediante la herramienta DMAIC en respuesta a un problema real al que se enfrentaba la citrícola, la necesidad de disminuir la generación de desecho orgánico (DO), ya que esto afectaba su productividad, al reducir la fruta molida.

Llevando a cabo esta metodología se logró reducir la generación de DO de un 1,30% del año 2018 a un 0,59% en los primeros meses del 2019, también se obtuvo un ahorro aproximado de U\$S 1.000.000 a la compañía para el año 2019, fruto de la disminución del DO. En base a la disminución en un 0,71% del DO respecto de un año al otro y extrapolando este porcentaje para la totalidad de la molienda planificada para el año 2019, serán aproximadamente 1500 las Tn "recuperadas". Teniendo en cuenta los rendimientos demostrados de la materia prima y los márgenes de contribución actuales, se puede proyectar una ganancia de U\$D 600.000 en ventas de productos terminados y un ahorro de U\$D 500.000 que representa el costo de poner todo este volumen de fruta en planta para procesarlo.

La capacidad del proceso aumentó de un $Cp_{inicial}$ de 0,49 a un Cp_{final} de 0,926, con lo cual la variabilidad del DO está próxima a adaptarse dentro del rango de especificación y el Cpk del proceso

pasó de un -0,09 a un 0,76, con lo cual la media del proceso pasó de estar fuera de los límites de especificación a estar dentro de dichos límites, y está más centrada a los límites de especificación. A partir de la temporada 2019 se sectorizó la recolección de DO proveniente de los distintos sectores de la fábrica para poder identificar y actuar rápidamente ante cualquier desvío. De esta manera el DO generado en el sector de descarga de fruta será recolectado por cintas y depositado en bins de color naranja. El DO generado en la sala de extracción de aceite será trasladado por medio de agua en canales a nivel del piso y removidos del líquido a través de tornillos transportadores a un contenedor de color rojo; y por último, el DO generado en el sector de extractoras de jugo, será recolectado en bins de color verde.

El desarrollo de este proyecto puede ser replicado en el resto de las áreas de la empresa sirviendo como guía para la aplicación de planes de acción y el mejoramiento continuo de los procesos.

En base a lo expresado se concluye sobre la importancia de la metodología empleada, ya que permite solucionar los inconvenientes que puedan ser detectados mediante el seguimiento de indicadores o los problemas planteados por la dirección. La aplicación constante de la mejora continua produce en las empresas en general, una gran disminución de costos y mejora de procesos productivos, de modo de aprovechar más eficientemente los recursos utilizados y a la vez promulgar el trabajo en equipo incrementando el bienestar organizacional.

4.REFERENCIAS

[1] Kimball, Dan A.; Tapia, Juan. (2002). *Procesado de Cítricos*. Zaragoza, España. Segunda Edición. Acribia. España.

[2] Gryna, Frank M.;Chua, Richard C. H.; Defeo, Joseph A.; Jurán, Joseph M. (2007). *Método Juran: análisis y planeación de la calidad*. México DF, México. Quinta Edición. McGraw-Hill Interamericana. México

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Ing. Susana Chauvet por su valiosa colaboración.

Propuesta de mejora en la gestión de almacén de una empresa de productos metalúrgicos de la ciudad de Mar del Plata

Berardi, María Betina; Zárate, Claudia; Esteban, Alejandra María; Ledesma Frank, Keila

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata

bberardi@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

La gestión del almacén dentro de una organización es una operación fundamental que depende de las características y movimientos de los productos a almacenar. Para lograr una gestión óptima del almacén deben analizarse y mejorarse todos los procesos que allí se desarrollan y en particular aquellos de preparación de pedidos o picking. Esta actividad es fundamental en la determinación del grado de servicio y es considerada, por la mayoría de los autores, como la de mayor costo dentro de un almacén. Asimismo, la distribución de ubicaciones es calificada como clave en el proceso de preparación de pedidos, para aumentar la productividad y reducir los costos operativos, optimizando el tiempo de recuperación de los productos desde su lugar de almacenamiento a la zona de preparación. En este trabajo se realiza un análisis del proceso de picking para un almacén de productos metalúrgicos – caños, chapas, ángulos, etc.-. El objetivo es analizar el sistema actual de ubicación de productos en el almacén de la empresa y posteriormente realizar una clasificación por actividad de productos, como artículos de actividad Alta (A), Media (M) y Baja (B). El algoritmo trata de situar los productos A cerca del área de expedición de pedidos. Utilizando el software *FlexSim* se simula la situación actual y la propuesta. Los resultados muestran que puede lograrse un aumento en la eficiencia del proceso de aproximadamente un 12%.

Palabras clave: gestión de almacenes – preparación de pedidos – ubicación de productos-simulación.

ABSTRAC

Warehouse management within an organization is a fundamental operation that depends on the characteristics and movements of the products to be stored. To achieve optimal warehouse management, all the processes that take place there, and in particular the order preparation or picking process, must be analyzed and improved. This process is decisive in determining the degree of service and is considered by most authors as the highest cost process within a warehouse. Likewise, the distribution of locations is considered key in the order preparation process, to increase productivity and reduce operating costs, optimizing the recovery time of products from their storage place to the preparation area. In this work an analysis of the picking process is carried out for a warehouse of metallurgical products - pipes, sheets, angles, etc.-, The objective is to analyze the current system of product location in the company's warehouse and subsequently perform a classification Product activity, classifying them as High (A), Medium (M) and Low (B) activity items. The algorithm tries to place products A near the order dispatch area. Using the FlexSim software the current situation and the proposal are simulated. The results show that an increase in process efficiency of approximately 12% can be achieved.

Keywords: warehouse management - order picking - product placement-simulation.

1. INTRODUCCION

La búsqueda de ventajas competitivas de una organización no tendría sentido si no se fundamenta en un constante esfuerzo en satisfacer las necesidades planteadas por el cliente. El servicio al cliente se ha definido de diversas formas, aunque existe una coincidencia casi unánime al momento de destacar su importancia por el efecto sobre la cuota de mercado, sobre los costes totales y en definitiva sobre la rentabilidad de la empresa.

Desde el punto de vista de la logística, el servicio al cliente es apoyado desde tres pilares: disponibilidad, rapidez de entrega y fiabilidad. Se podría decir que la disponibilidad depende de manera directa del gestor de stock, mientras que los otros dos dependen de una correcta gestión de almacenes [1]. La gestión de almacenes debe asegurar la entrega más rápida y al mínimo costo posible.

Se denomina picking a la recogida y combinación de cargas no unitarias que conforman el pedido de un cliente. Es considerado por la mayoría de los autores como el proceso de mayor costo dentro de un almacén. Esta es una de las razones para calificar a este proceso como el de más alta prioridad para la mejora de la productividad en la gestión de un almacén.

El diseño del almacén afecta directamente a este proceso, siendo la ubicación de los productos dentro del almacén, una variable clave.

El objetivo de este trabajo es el de presentar una propuesta orientada al mejoramiento del proceso de salida, que incluye el proceso de picking que tiene lugar en un almacén industrial que se dedica a la venta de artículos de construcción.

Inicialmente se presenta el marco teórico que regirá la investigación, en el que se detallan las principales características de los procesos desarrollados en un almacén y principales variables que afectan en particular a los procesos de salida. Seguidamente se explica la metodología a implementar. En el apartado correspondiente al desarrollo se presentan las características actuales del problema y se propone una mejora. En la última sección se realiza un análisis de resultados y se presentan las conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El diseño de los almacenes

Es posible dividir los procesos operativos de un almacén en dos grandes grupos:

- Procesos relacionados con los flujos de entradas: están vinculados a todas las actividades de recepción de mercaderías. Asimismo, se incluyen las devoluciones de ventas o procesos de retorno de materiales en general.
- Procesos relacionados con los flujos de salida: corresponden básicamente a operaciones de ventas de productos, devoluciones y entregas a fábrica para producción. También se pueden incluir aquí la destrucción de productos obsoletos o que ya no están en condiciones para la venta.

En los procesos de salida se distinguen 3 fases:

- a. Picking del producto: representa todo el proceso inherente a la localización física del artículo, selección de la cantidad requerida, y su traslado al área de preparación de pedidos.
- b. Armado del pedido: consiste en el agrupamiento de los artículos, empaquetado, etiquetado, paletizado si corresponde y el control.
- c. Expedición: supone la asignación del vehículo o contratación según el caso, preparación de la hoja de ruta, carga de vehículos, emisión de documento de salida para el proceso de datos y control de la distribución.

El picking se refiere a las actividades realizadas para recuperar productos de sus ubicaciones de almacenamiento para satisfacer demandas especificadas por los pedidos de los clientes. Es el proceso más intensivo en recursos realizado en un almacén [2], y depende en gran medida de la política de ubicación de almacenamiento utilizada. El propósito de una correcta localización es colocar los productos en lugares convenientes donde se puedan recoger fácilmente durante este proceso. Debido a la intensidad de la mano de obra en dichos sistemas, el proceso de picking por sí solo concentra del 50 al 75% de los costos operativos totales para un almacén típico [3]. En consecuencia, optimizar el proceso de picking es considerado prioritario para incrementar la efectividad de los sistemas logísticos.

Los principios para la organización eficiente de un almacén, consideran en forma conjunta dos criterios [4]:

- 1- Maximizar el volumen disponible en términos de metros cúbicos.
- 2- Minimizar las operaciones de manipulación y transporte interno.

Las características de las instalaciones en esta instancia, evaluándolas en forma conjunta con la ruta, están vinculadas al problema de localización de los productos dentro del almacén. Los productos se pueden situar dentro de un almacén, básicamente, de dos formas diferentes:

- 1- Sistemas de posición fija: cada producto ocupa una posición permanente dentro del almacén.
- 2- Sistemas de posición aleatoria: los productos se colocan en cualquier lugar que se encuentre vacío en el momento de su almacenamiento.

Los sistemas de posición fija facilitan la identificación, localización y control del producto recogido, aunque se puede considerar ineficiente la ocupación del espacio dentro del almacén.

Los sistemas de posición aleatoria mejoran la ocupación del almacén, aunque requieren de sistemas de localización automáticos.

La selección de uno u otro sistema depende en gran medida de las características de los productos a almacenar (características morfológicas) y de la demanda, básicamente, si presenta marcada estacionalidad.

Los criterios seguidos en la ubicación de los productos del almacén son varios, entre los cuales se pueden mencionar [5]:

- Principio de Popularidad: número de visitas a los espacios en los que se encuentra una clase de artículo específica. Los productos se clasifican según su actividad en actividad Alta (A), media (M) y baja (B), colocándose más cerca de la puerta de salida del almacén, los A, seguidos de los M y finalmente de B.
- Índice de rotación: Los productos con un alto valor de rotación (productos de movimiento rápido) se asignan en las estanterías más cercanas a las puertas de salida. El principio opuesto se aplica a los productos de movimiento lento.
- Cubo por índice de pedido - COI: El *Cube per Order Index* es la relación entre el volumen o requerimiento de espacio de un producto y el número de movimientos o tasa de demanda de ese producto. Este sistema organiza los artículos de acuerdo al mayor índice COI y los ubica secuencialmente en los espacios disponibles más cercanos al punto de preparación de pedidos.

La operatividad del proceso de picking busca alcanzar la máxima productividad de los empleados a cargo de dicho proceso y que los almacenes e instalaciones sean las más apropiadas para el tipo de producto que se maneja. Por esto busca la minimización de recorridos y de manipulación del producto. En consecuencia, las soluciones se evalúan analizando las características de las instalaciones, el equipo de manejo de material y calculando las rutas exactas que se realizarán para recuperar los productos demandados durante un período.

2.2 Simulación

La simulación es una herramienta de análisis cuantitativo, que se utiliza para estudiar el comportamiento de un sistema real. Consiste en imitar de forma matemática la operación de un proceso completo, para posteriormente estudiar sus propiedades y características, y finalmente obtener conclusiones y tomar decisiones de acción basadas en los resultados arrojados. Para ello, se debe describir la operación del mismo en términos de los eventos individuales de cada una de sus componentes. El sistema se divide en elementos cuyo comportamiento se puede predecir, y se establecen las interrelaciones entre los mismos.

La simulación también permite proyectar distintos escenarios en diferentes periodos de tiempo. Además, puede ser utilizada para estudiar sistemas en su etapa de diseño, es decir antes de que sean construidos. De esta manera, los modelos de simulación pueden ser utilizados tanto como un instrumento de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes en lapsos distintos, o bien como un instrumento de bosquejo para predecir el comportamiento de procedimientos nuevos en proyecciones futuras [6].

Los modelos de simulación resultan de utilidad por las siguientes características:

- Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación, que hacerlo directamente en el sistema real.
- Es mucho más sencillo comprender y visualizar que los métodos puramente analíticos.
- Los métodos analíticos se desarrollan casi siempre, para procesos relativamente sencillos donde suele hacerse un gran número de suposiciones o simplificaciones, mientras que con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle.
- En algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución.

Todo modelo de simulación se enmarca en una de las siguientes categorías:

- Simulación de eventos discretos: se produce cuando los cambios en el estado del sistema ocurren de manera instantánea en puntos aleatorios del tiempo como resultado de la ocurrencia de eventos discretos.
- Simulación continua: se utiliza este tipo de simulación cuando los cambios se producen continuamente en el tiempo. Para ello se suelen requerir ecuaciones diferenciales que describen la tasa de cambio de las variables de estado.

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo del presente trabajo se simularán el proceso de armado de pedido durante la operatoria de un almacén. Se utiliza el software FlexSim para modelar dicho escenario. El software FlexSim se orienta a objetos, por lo tanto, admite una mayor visualización del flujo de producción. Permite importar infinidad de objetos de distintos paquetes de diseño y se puede representar en 3 dimensiones. Es importante remarcar que no sólo simula sistemas discretos, sino

que también acepta trabajar con fluidos o modelos combinados continuo-discreto. La generación de distintos entornos y condiciones variadas son fáciles de programar. Las distribuciones de probabilidad se pueden evaluar con gran precisión en lugar de valores promedio para representar fielmente la realidad. Proporciona gráficos, reportes y estadísticas [7].

Se realizan 10 réplicas de cada modelo, los resultados se promedian. A partir de estos valores se calculan y analizan indicadores definidos por la organización.

4. DESARROLLO

4.1 Presentación del almacén

El caso que se va a analizar es el de un almacén que se dedica a la venta de productos metalúrgicos para la industria de la construcción. El mismo está ubicado en la zona del puerto de Mar del Plata y ha iniciado sus actividades hace más de treinta años, teniendo una posición consolidada en el mercado. Es reconocido por la calidad de los productos que suministra como también por su compromiso con el cliente. Sus principales clientes son empresas constructoras grandes y pequeñas de la ciudad.

Ofrece más de 200 productos distintos, los cuales han sido agrupados por clases de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1 Principales clases de productos.

Fuente: *Elaboración propia.*

Clase	Principales características	Dimensiones
1- Ángulos	Estándar e inoxidable	L= 1m Variados espesores
2- Caños	estándar, galvanizada o inoxidable	L= 6,4m Variados espesores
3-Chapas	estándar, galvanizada o inoxidable	Desde 1000X2000 hasta 1500X3000mm Variados espesores
4- Macizos	Estándar o inoxidable	L= 6,0m Variados espesores
5- Planchuelas	Estándar o inoxidable	L= 1,0m Variadas secciones
6-Tubos	Estándar o inoxidable	L= 6,4m Variados espesores

Los productos se almacenan por clase en estanterías cantilever, que se distribuyen de acuerdo a la Figura 1. La distribución actual de los mismos en las estanterías del almacén obedece básicamente a un esquema de costumbre en la operatoria, por el cual siempre los tubos se colocaron al lado de la puerta y los ángulos, al fondo de la instalación.

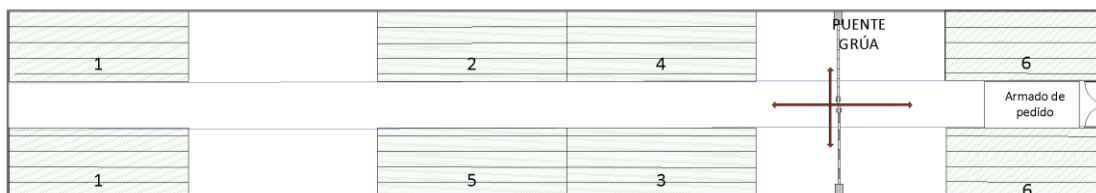


Figura1 Distribución de los productos en el almacén

Fuente: *Elaboración propia.*

4.2 Descripción de los procesos

Todos los procesos que se desarrollan en el almacén, tanto los de recepción como los de despacho, se realizan utilizando un puente grúa de 5 toneladas que se desplaza a lo largo del almacén, con movimientos longitudinales y transversales. Al ser todos los productos de gran porte, estos son siempre manipulados utilizando este puente. Un operario acompaña su movimiento y lo asiste en la operatoria.

En el proceso de recepción, el operario sube al camión y sujeta los artículos al puente. Posteriormente el puente los traslada hasta su posición en la estantería y el operario los acomoda en las mismas.

En el proceso de salida o despacho, cuando ingresa el pedido, operario y puente se trasladan hasta la posición correcta, es decir, hasta la posición que está ubicado el artículo correspondiente. El operario lo sujeta al polipasto y acompaña su movimiento hasta la zona de armado de pedido. En este punto el operario desmonta el artículo del puente y vuelve a reiniciar el proceso hasta completar el pedido. Una vez que el pedido es completado, el operario sujeta los artículos con eslingas, y los vuelve a poner en el polipasto para que el puente los ingrese al camión. En la figura 2 se presenta

una imagen del almacén estudiado, en la que se observa la asistencia del operario en el movimiento del puente

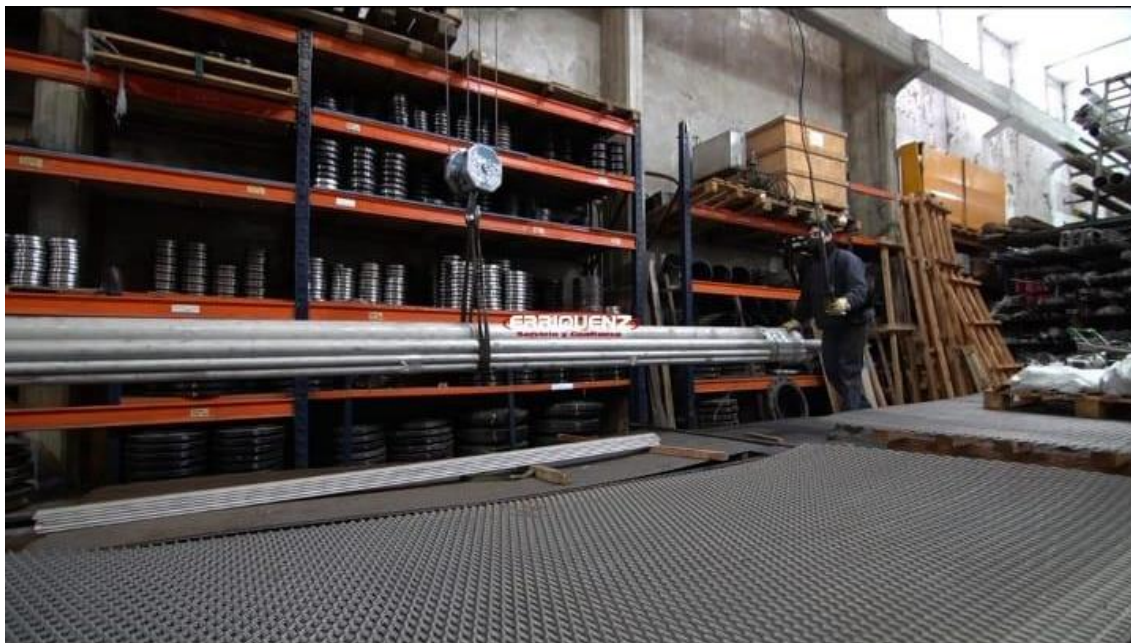


Figura 2 Asistencia del operario en el movimiento del puente
(Fuente: elaboración propia)

El proceso de despacho se describe en el diagrama de flujo de la Figura 3



Figura 3 Proceso de despacho de pedido
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Propuesta de nueva distribución

La propuesta de localización de los artículos dentro del almacén se realizará de acuerdo al índice de popularidad. A partir de los datos de ventas del año 2018 se efectúa un análisis ABC para determinar el índice de actividad de los productos.

Se agruparon los datos de ventas en función del tipo de artículo, y se asigna dicho valor a la clase correspondiente. Posteriormente se elaboró el análisis de frecuencias relativas correspondiente, y se llegó al resultado presentado en Tabla 2

Tabla 2 Porcentaje de ventas de artículos según clase.

Fuente: Elaboración propia

Clase	% de total de ventas
1	32,31
2	17,44
3	8,72
4	5,64
5	23,59
6	12,31

Las ventas por clase de producto y la curva de frecuencias acumuladas calculada a partir de los datos de la Tabla 2 se presenta en la Figura 4



Figura 4 Diagrama de frecuencias absolutas y acumuladas de ventas según clase.
Fuente: Elaboración propia.

Se desprende que los productos más populares son aquellos correspondientes a las clases 1, 5 y 2. En la Figura 5 se presenta la distribución propuesta de los productos en el almacén, sustentadas en los resultados de la Figura 4.

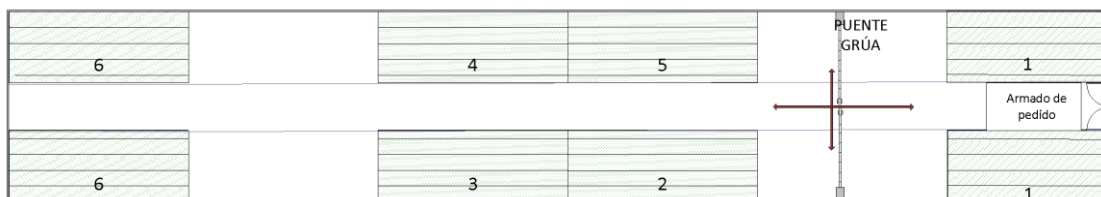


Figura 5 Propuesta de distribución de los productos en el almacén
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Evaluación del proceso de armado de pedido para distribución de productos actual

Se realiza una simulación para evaluar el tiempo de despacho de pedido. Para ello se toman las siguientes consideraciones, surgidas a partir del análisis de los datos históricos de 2018:

- La probabilidad de ingreso de pedidos resultó tener un comportamiento exponencial con media de 45,6 minutos. Es decir, ingresa un pedido cada 45,6 minutos.
- La composición del pedido en promedio está formada por 4 productos.
- Velocidad del puente grúa en vacío de 0,4m/s y con carga de 0,3 m/s, independientemente del tipo de artículo que transporte.
- El tiempo promedio de colocación de eslinga se distribuye en forma exponencial con media de 3 minutos.
- Tiempo de carga/descarga de producto a polipasto/estantería se distribuye en forma exponencial con media de 2 minutos.
- Tiempo de carga/descarga de pedido a polipasto/camión se distribuye en forma exponencial con media de 5 minutos.
- La simulación se desarrolla para una semana de trabajo, que implican 40 horas (144.000 segundos).
- Se replica 10 veces y se toman los promedios de los resultados arrojados.

Se realiza la simulación utilizando FLEXIM. En Figura 6 se puede observar el modelo base.

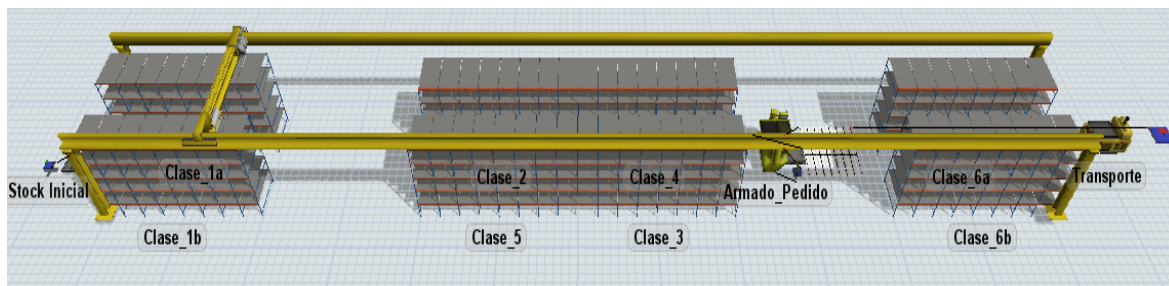


Figura 6 Modelo Base planteado de Flexim

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3 Resultados simulación distribución actual

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de pedidos procesados	Distancia recorrida PG [m]	Tiempo de PG [s]	Tiempo ope [s]	T prep pedido [s]
53	17.197,5	50.159,4	138.559,4	2.614,32

Se procesan 53 pedidos en una semana y para ello PG recorre 17.197,5 m demorando 50.159,4 segundos. El operario está el 96% del tiempo ocupado y se tarda en promedio 2.614 segundos en preparar un pedido

4.5 Evaluación del proceso de armado de pedido para distribución de productos propuesta

Se simuló el proceso con las mismas características que en el punto anterior para la preparación de 53 pedidos, a efectos de poder comparar los resultados. Los resultados se presentan en Tabla 4

Tabla 4 resultados simulación distribución propuesta

Fuente: Elaboración Propia

Cantidad de pedidos procesados	Distancia recorrida PG [m]	Tiempo de PG [s]	Tiempo ope [s]	T prep pedido [s]
53	11.425,5	33.324,4	121.698,4	2.296,2

Para la misma cantidad de pedidos procesados - 53 pedidos en una semana – el PG recorre 11.425,5 m demorando 33.324,4 segundos. El operario está el 84% del tiempo ocupado y se tarda en promedio 2.296 segundos en preparar un pedido.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Adoptando la nueva distribución para mejorar la operación de preparación de pedido es posible obtener una disminución en 33% de los metros recorridos por PG y del tiempo de recorrido. También implica una disminución del tiempo de preparación de pedidos en 12%.

Esta disminución debe considerarse en términos de lo que significa el costo de la actividad de picking dentro del costo total del almacén, lo que lo hace aún más relevante.

También se evidencia un aumento de servicio al cliente por la disminución del tiempo de preparación, aumentando de esta forma la calidad del servicio.

El estudio de casos reales bajo la modalidad de simulación la confirma como una herramienta poderosa que permite predecir el desempeño de múltiples procesos, de una manera simple.

Si bien los cambios no serán sencillos de realizar son posibles sin grandes inversiones.

Se plantea como actividad futura simular el ciclo utilizando el criterio COI en la distribución de los productos dentro del almacén, dado que se manejan cargas pesadas, largas, de gran porte en general.

6. REFERENCIAS

- [1] Anaya Tejero, Julio Juan. (2011). *Logística integral La gestión operativa de la empresa*. 5ªed. ESIC Editorial

- [2] Allyson Silva, Leandro C. Coelho, Maryam Darvish, Jacques Renaud. (2020). "Integrating storage location and order picking problems in warehouse planning". *Transportation Research Part E* 140 102003
- [3] Frazelle, E. (2016). *World-Class Warehousing and Material Handling*. Second ed. McGraw-Hill, New York.
- [4] Mauleón Torres, Mikel (2003). *Sistemas de Almacenaje y Picking*. Ediciones Diaz de Santos, S.A. Albasanz, 2. 28037. Madrid. España.
- [5]. Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O., Rende, F. (2013). "A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints" *Applied Mathematical Modelling, Volume 37, Issue 6, 15, Pages 4385-4398*
- [6] Taha Hamdy A. (2012). *Investigación de Operaciones*. Novena Edición. Pearson
- [7] Simón Marmolejo I., Santana Robles F., Granillo Macías R., Piedra Mayorga, V. M. (2013) "La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido". *Científica, vol. 17, núm. 1, pp. 39-49 Instituto Politécnico Nacional Distrito Federal, México.*

Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso productivo alimenticio por medio de simulación de eventos discretos

Roark, Geraldina¹; Acosta, Esteban ²; Urrutia, Silvia ¹; Queiroz, José A.³; Chiodi, Franco ¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos
Av. Del Valle 5737, Olavarría. groark@fio.unicen.edu.ar

² Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento
Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Argentina. eacosta@campus.ungs.edu.ar

³ Instituto de Engenharia de Producao e Gestao, Universidad Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Itajubá – MG, Brasil. ja.queiroz@unifei.edu.br

RESUMEN

En el presente trabajo se aplica la teoría de restricciones (TOC) como técnica sistemática de mejora de procesos en una industria alimenticia bonaerense dedicada a la producción de snacks saborizados. El objetivo de su aplicación consiste en analizar la capacidad del sistema productivo, identificando sus principales restricciones, en pos de evaluar futuras alternativas que permitan aumentar su nivel de producción. Para lograr este objetivo se recurre a la implementación de técnicas de modelado y simulación de eventos discretos. En este sentido, el estudio se inicia con un relevamiento del proceso y la recolección de datos, para su posterior representación a través de la técnica de modelado conceptual IDEF-SIM. Dicha técnica, junto al modelo de datos, constituyen la base para el diseño del modelo computacional. Para su desarrollo se seleccionó a Flexsim® como software de simulación específico. Construido el modelo computacional, se procede a su validación a través del uso de datos reales provistos por el dueño de la empresa pyme, comparando los resultados obtenidos en el modelo de simulación respecto al sistema en estudio.

Validado el modelo, a través de sus diferentes corridas, se extraerá información relevante para la aplicación de los cinco pasos esenciales de TOC. Sus resultados permitirán la planificación futura de acciones para fortalecer los eslabones más débiles del sistema, en pos de mejorar su desempeño.

Palabras Claves: TOC, Teoría de restricciones, Simulación de eventos discretos, Industria alimenticia, Modelaje conceptual IDEF SIM, Flexsim®

ABSTRACT (Resumen en inglés)

In the present work, theory of restrictions (TOC) is applied as a systematic process improvement technique in a Buenos Aires food industry dedicated to produce flavored snacks. The objective of its application is to analyze the capacity of the production system, identifying its main restrictions, in order to evaluate future alternatives that allow increasing its level of production. To achieve this objective, the implementation of discrete event modeling and simulation techniques is used. In this sense, the study begins with a survey of the process and data collection, for its subsequent representation through the IDEF-SIM conceptual modeling technique. This technique, together with the data model, constitutes the basis for the design of the computational model. For its development, Flexsim® was selected as the specific simulation software. Once the computational model has been built, it is validated through the use of real data provided by the owner of the SME company, comparing the results obtained in the simulation model with the system under study. Once the model has been validated, through its different runs, relevant information will be extracted for the application of the five essential steps of TOC. Its results will allow future planning of actions to strengthen the weakest links in the system, in order to improve its performance.

Keywords: TOC, Discrete-event simulation, food industry, conceptual modeling IDEF SIM, Flexsim®.

1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de la Teoría de Restricciones (Theory Of Constraints TOC - en inglés) han sido ampliamente desarrolladas y proveen una solución integral a la gestión de planta para optimizar los tiempos de distribución, inventarios y costos de operación. Cada proceso es una cadena de operaciones, y la fuerza de la cadena está dada por su eslabón más débil, llamado “restricción” [1]. En este estudio, se aplica la simulación por eventos discretos para identificar las restricciones, denominadas cuellos de botella, de un proceso según la metodología TOC. De acuerdo con [2], la simulación por eventos discretos es una técnica que se usa para ejecutar modelos que representan sistemas a analizar, con diferentes tipos de objetivos, y donde su utilización es amplia y diversa. Varios autores señalan que la simulación es la segunda técnica más utilizada para abordar la gestión de operaciones en procesos manufactureros y de negocios. Sus aplicaciones pueden ir desde problemas logísticos internos hasta líneas productivas, entre otros.

Este estudio surge a partir la problemática detectada en una empresa pyme alimenticia, que se dedica a la elaboración de snacks de papas fritas, en la cual existe una alta demanda de producto, que no logra cubrir con su capacidad actual.

En este marco/contexto, el objetivo principal del trabajo consiste en analizar la capacidad del sistema productivo e identificar las restricciones del proceso de producción de fritas, a través del uso del modelaje y la simulación de eventos discretos, empleando las dos primeras etapas de la metodología TOC.

Para alcanzar este objetivo general, se despliegan este conjunto de objetivos específicos:

- Identificar y relevar el proceso de elaboración de snack de papas fritas.
- Realizar la simulación del proceso y validar sus resultados.
- Identificar las restricciones o cuellos de botella del proceso para determinar su capacidad.

Con esta información, se espera poder proponer mejoras al proceso, que permitan minimizar o eliminar restricciones y en consecuencia aumentar la capacidad del mismo. En futuros estudios se podrá ejecutar la simulación de diferentes escenarios, lo que permitiría estimar su impacto en la capacidad del proceso.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Teoría de restricciones

La Teoría de Restricciones (TOC) es todo un proceso de mejoramiento continuo, basado en un pensamiento sistémico, que ayuda a las empresas a incrementar sus utilidades con un enfoque simple y práctico, identificando las restricciones para lograr sus objetivos, y permitiendo efectuar los cambios necesarios para eliminarlos [3].

La Teoría de Restricciones se basa en el siguiente ciclo compuesto por cinco pasos, tal como se muestra en la Figura 1:

1. Identificar la restricción del sistema
2. Decidir cómo explotar la restricción del sistema
3. Subordinar todas las actividades del sistema.
4. Elevar la restricción del sistema.
5. Implementar y volver a analizar el sistema.



Figura 1. Etapas del análisis TOC.

Para [3], la Teoría de Restricciones reconoce que la producción de un sistema consiste en múltiples pasos, donde el resultado de cada uno de esos pasos depende del resultado de pasos previos. El resultado o la producción del sistema, estará limitada por el o los pasos menos productivos. En síntesis, TOC se centra en la identificación y abordaje de las restricciones del sistema, diseñando e implementando formas efectivas para mejorar su desempeño y facilitar el logro de objetivos [4, 5]. La gestión de las restricciones permite reducir notablemente los inventarios y al mismo tiempo generar mejoras sistemáticas en el desempeño organizacional.

2.2. Simulación por eventos discretos

Según [6], la simulación es un proceso de experimentación con un modelo detallado de un sistema real para determinar cómo un sistema responderá a cambios en su estructura, ambiente o condiciones del contorno. Asimismo, de acuerdo a [7], la simulación se define como un proceso de experimentación a través de un modelo lógico - matemático construido en un ordenador, a imagen y semejanza de un sistema real. La ventaja de su aplicación radica en que permite imitar un proceso u operación del mundo real, como herramienta de análisis para evaluar el impacto de cambios, sin que sea necesario modificar el sistema real [8, 9].

4. METODOLOGÍA

Con el fin de identificar la restricción del proceso, se propone desarrollar un modelo de simulación, siguiendo como base un modelo que consta de tres etapas: Concepción, implementación y análisis, tal como muestra la Figura 2 [10].

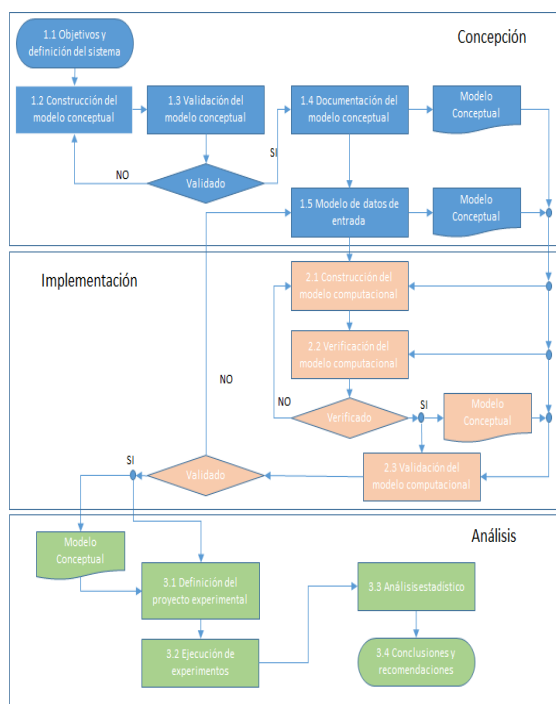


Figura 1. Método de conducción de investigación de simulación. Fuente: [10]

Dentro de la “Etapa de concepción” del proyecto, el primer paso consiste en establecer formalmente el alcance del problema, la definición del objetivo de dicho modelo y la identificación de las restricciones que el medio impone al sistema en estudio. Dicha etapa incluye además la construcción del modelo conceptual utilizando algún tipo de técnica de mapeo de proceso. La técnica de modelado conceptual empleada en el presente estudio es IDEF-SIM (Integrated Definition Methods - Simulation), desarrollada por [11]. Dicha técnica tiene como objetivo facilitar el trabajo de modelado en la fase de implementación y análisis, reduciendo el tiempo de realización del proyecto.

Una vez desarrollado el modelo conceptual, éste debe ser validado. Esto significa que debe comprobarse que las premisas del modelo conceptual sean consistentes con las premisas del sistema real, dando soporte al modelo de simulación definido [12].

Finalmente, el último paso del diseño conceptual consiste en el modelado de los datos de entrada necesarios para la construcción del modelo computacional. Para su desarrollo se es necesario conocer los datos de entrada relevantes para la construcción del modelo computacional.

En la “Etapa de implementación”, se debe construir un modelo computacional que representa el modelo conceptual y el modelo de datos. Dicho modelo debe contemplar las variables de decisión, los parámetros del modelo, la formulación matemática del objetivo y las restricciones del sistema en

estudio. En el presente estudio, tal modelo se construye con ayuda del software FlexSim ®, especializado en simulación de procesos. La elección de este software se basó en sus recursos de fácil utilización, arquitectura abierta, concepto sencillo de modelado y escalabilidad total, además de las posibilidades de presentación, animación e introducción de cambios en 3 Dimensiones.

5. RESULTADOS

5.1. Descripción del proceso

Aquí se describen las principales operaciones y funciones del proceso productivo de elaboración de snacks de papas fritas. Actualmente, la empresa posee tres líneas de productos, y cada línea se realiza en dos presentaciones: 40 gr y 100 gr.

Esta información fue recogida de dos fuentes complementarias: documentos provistos por el dueño-gerente y una visita a la planta de elaboración.

Su proceso inicia en el almacenamiento a granel de su insumo principal, papas sucias. Se procede a una primera operación de control, para eliminar aquellos insumos no aptos para la producción, y luego se procede a la preparación de los batchs diarios.

Posteriormente se ejecuta la siguiente operación: lavado y cepillado de papas, donde se elimina la tierra y otros residuos de la superficie de los tubérculos, y se cepilla su piel.

A continuación, se procede al rebanado de papas en hojuelas. En un paso siguiente, se realiza el freído de las hojuelas en un equipo Kettle, donde las papas son sumergidas en aceite caliente. Al salir de la freidora, las hojuelas fritas pasan por una fase de control de calidad, descartando aquellas que no cumplen especificaciones (por ejemplo, sobre-freído, excesivo contenido de agua, no freído, etc).

Luego se procede al saborizado de las mismas (sal y condimentos), para completar el proceso con el envasado en dos tamaños, paquetes de 40g ó 100g, a través de una operación semiautomática. Se continua con el embalado del producto, que se ejecuta de forma manual en cajas de cartón. Finalmente, las cajas son estibadas en pallets, que contienen 70 cajas cada uno, y almacenadas en un espacio destinado a tal fin.

A continuación, se muestra un detallado diagrama de flujo del proceso productivo, provisto por la empresa (Figura 3).

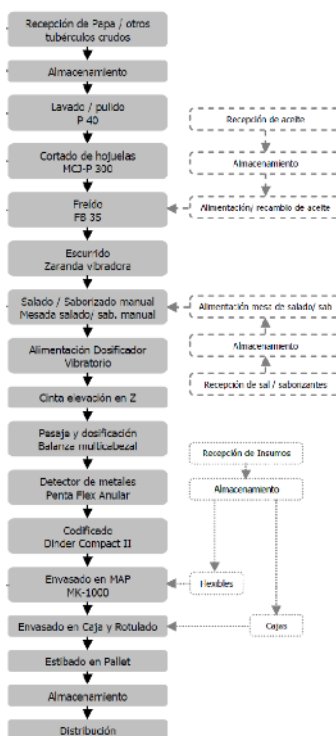


Figura 3 Diagrama de flujo del proceso productivo. Fuente: Información provista por la empresa

5.2 Etapa de concepción

A partir de los datos recopilados en el proceso de elaboración de snacks de papas fritas bajo análisis, se diseña el diagrama de flujo del proceso siguiendo el modelo conceptual bajo la técnica IDEF-SIM.

Se realizaron algunas simplificaciones en el modelo IDEF-SIM respecto al diagrama de flujo presentado previamente, para poder darle tratamiento a una primera simulación, bajo el precepto de trabajar con un modelo determinístico.

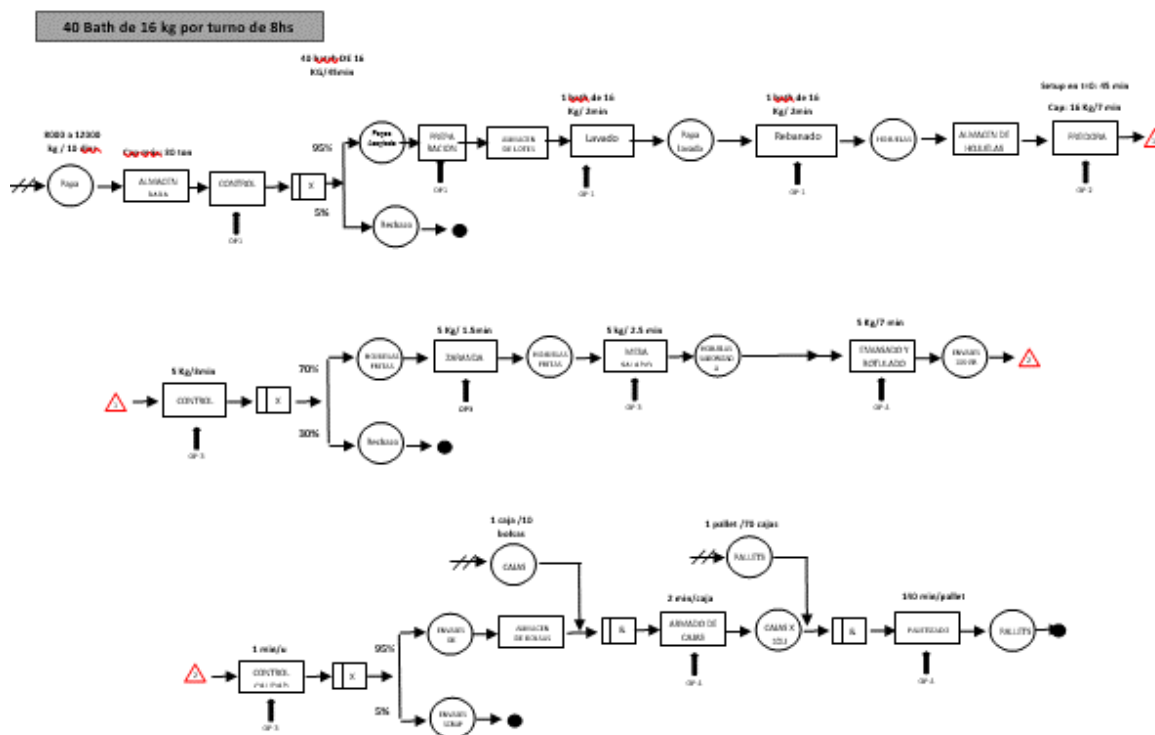


Figura 4 Modelo conceptual de la Planta de snacks según IDEF-SIM. Fuente: elaboración propia

Junto al modelo conceptual, es necesario diseñar el modelo de datos, para lo cual se procedió a recolectar información referida a los tiempos parciales que conforman el tiempo total de procesos. En esta primera fase, se consideran tiempos constantes para cada operación, lo que implica trabajar con un modelo de datos determinísticos.

Tabla 1 Tiempos y capacidades del proceso. Fuente: información provista por la empresa

Operación	Tiempo	Capacidad de batch (kg)
Control de papas sucias	1 min	16
Preparación de batch	1 min / batch	16
Lavado	2 mins / batch	16
Cortado	2 mins / batch	16
Freído	7 mins / batch	5
Control Calidad	3 mins / batch	5
Zaranda	1.5 mins / batch	5
Salado / Saborizado	2.5 mins / batch	5
Envasado y rotulado	7 mins / batch	5
Embalado	1 min / caja	70

La planta tiene organizada su actividad industrial en una única jornada diaria, de 8 horas. En cada jornada, se procesa y elabora un solo tipo de producto.

Para su validación, se realizó un intercambio con el socio gerente de la empresa, para corroborar que el modelo conceptual refleje de manera acorde el sistema real a analizar.

5.3 Etapa de implementación

Utilizando el software de simulación Flexsim ® en su versión 2020, se construye el modelo computacional, siguiendo el modelo conceptual construido con la técnica IDEF-SIM, que es mostrada en las Figuras 4 y 5, y alimentado con los datos de capacidades y tiempos, indicados en la tabla 1.

A continuación, se muestra capturas de pantalla del modelo computacional generado por el software Flexsim ® (Figuras 4 y 5).

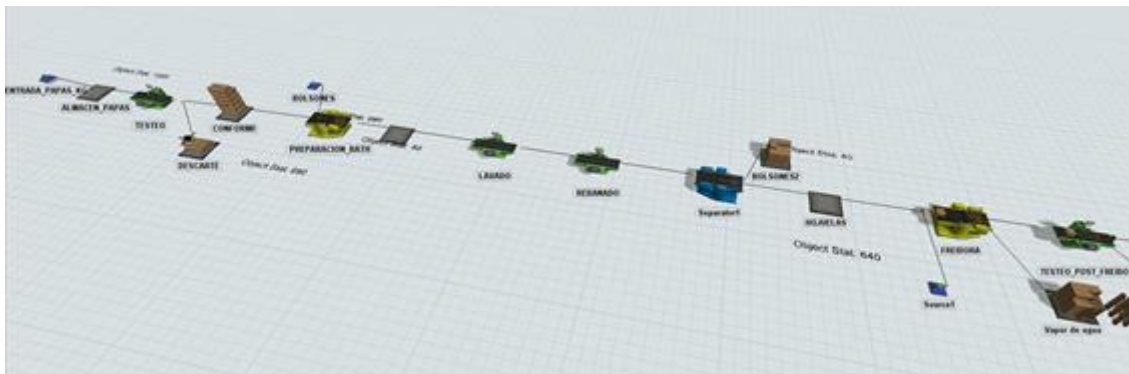


Figura 4 Modelo computacional en Flexsim® desde Almacén de papa hasta Freído. Fuente: elaboración propia

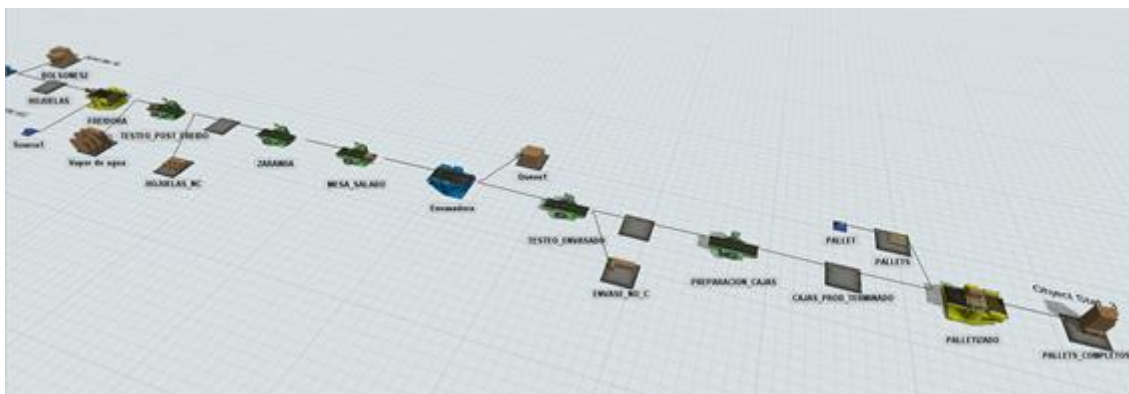


Figura 5 Modelo computacional en Flexsim® desde Freído hasta Palletizado. Fuente: elaboración propia

5.4 Análisis de resultados

Para este primer estudio exploratorio del proceso productivo, se aborda la simulación de un turno de trabajo, cuya duración es de 8 horas diarias, considerando la línea de elaboración trabajando a pleno en la producción del producto más representativo a nivel de ventas para la empresa, que es el paquete de snacks de 100 g.

Con el fin de exponer diversos resultados de la simulación, el software permite el diseño de un dashboard o tablero de comando, con información estática y dinámica de un conjunto de variables pre-seleccionadas. Siendo uno de nuestros objetivos identificar la restricción del proceso, se recurre al indicador “estado de ocupación” de cada una de las operaciones que componen el proceso. Los indicadores alcanzados se exponen en la figura 6.



Figura 6 DashBoard de Estado de operación en Flexsim®. Fuente: elaboración propia

Otro dato interesante que muestra el software es la producción generada en el turno y los datos correspondientes al producto semielaborado que queda en diferentes operaciones al finalizar el turno de trabajo en el proceso de elaboración del snack. En la Figura 7, se presentan estos indicadores.

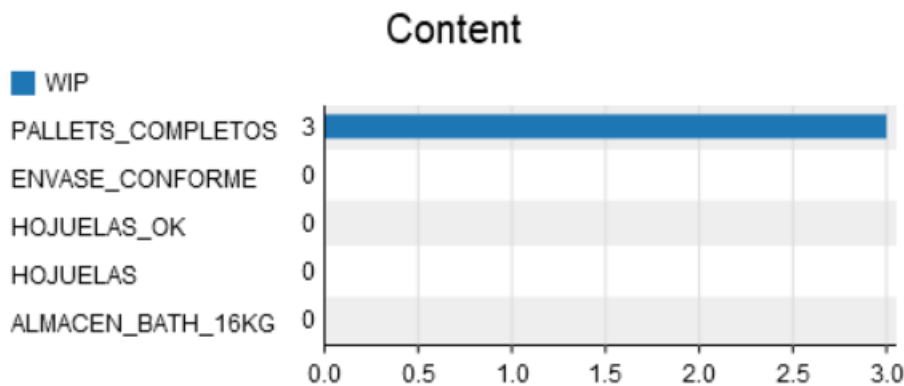


Figura 7 DashBoard de Producto terminado / producción en proceso en Flexsim ®. Fuente: elaboración propia (WIP = work in progress)

El modelo computacional cuando se realiza la corrida de simulación arroja los siguientes resultados:

- Se completan 3 palletes de 70 cajas cada uno, como indica la Figura 7, y el contador del simulador en la operación de palletizado de la figura 6 muestra que quedan 12 cajas en espera para completar el próximo pallet.
- No se observa, en la figura 7, la presencia de producto semielaborado a lo largo del proceso.
- Según el análisis de los estados de cada operación (Figura 6), se destaca que la freidora trabaja el 99.79% del tiempo, lo que convierte a esta actividad como el cuello de botella del proceso productivo.
- Las operaciones pre-freído (control de calidad papa cruda, preparación de batches, lavado y rebanado) tienen alta capacidad ociosa, superando el 83% (estado "idle" de la Figura 6).
- La operación de palletizado ocupa casi la totalidad de su tiempo en la recolección de cajas para completar un pallet, tal como señala la Figura 6, a través del estado "collecting".

Los datos resultantes del modelo de simulación se contrastan con los datos reales del proceso, provistos por el gerente de la planta de snacks, y se puede observar que presentan un alto grado de similitud.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través de este estudio, se logra relevar, con un adecuado nivel de precisión, el proceso productivo de elaboración de snacks de papas fritas, a partir de información secundaria provista por la empresa e información primaria recopilada en una visita a la planta. Con esta información, se construyó el modelo conceptual con la técnica IDEF-SIM, diseñada específicamente para su uso en el campo de la simulación de procesos. Así se completa la etapa de concepción del proceso de simulación.

Luego se avanza en la fase de implementación, mediante la construcción del modelo computacional en el software de simulación Flexsim ®. Se emplea este software por su librería de recursos, su concepto sencillo de modelado y escalabilidad, además de las posibilidades de presentación y animación en 3D. La simulación abarca la elaboración de un único producto, paquetes de snacks de 100 g., durante un turno diario de 8 horas.

Por último, se construye un tablero de indicadores clave, que permiten identificar la restricción del proceso, así como la producción terminada y la producción en proceso. Los resultados arrojan que la operación de freído se comporta como restricción en este proceso, con una tasa de ocupación casi total, dejando a las operaciones pre-freído con una alta capacidad ociosa. Por otro lado, la línea opera de forma tal que no queda producción semielaborada. De esta manera, se concluye la fase de análisis de la investigación vía simulación. Y se da respuesta al objetivo de identificar el cuello de botella de este proceso productivo, primer paso de la metodología TOC.

Este estudio inicial y parcial debe tener continuidad para completar el ciclo TOC, avanzado en las fases pendientes, lo que permitirá lograr un mayor nivel de profundidad en el conocimiento y análisis del proceso en estudio. A su vez, es posible explorar y analizar escenarios viables que mejoren determinadas variables del proceso, por ejemplo, capacidad, tiempos, rendimiento, productividad.

Surgen como recomendaciones para futuros estudios la posibilidad de mejorar los modelos, conceptual y computacional. Esto puede realizarse a través de la transformación del modelo de datos hacia variables probabilísticas a partir de la medición de tiempos y estudio de métodos en el proceso, incluir en el modelo computacional las dimensiones del Layout de planta y el rol de los 5 operadores que trabajan en el proceso de producción.

Este estudio es el puntapié inicial para el despliegue del uso de tecnologías de la Ingeniería Industrial que permitan en primer lugar lograr la comprensión de fenómenos industriales, y luego su análisis y

mejora, a partir de herramientas como la teoría de restricciones, la simulación de eventos discretos, y el análisis estadístico de resultados. En forma potencial, se podría alcanzar el diseño y construcción del “gemelo digital”, aquel modelo computacional que dialogue e interactúe con el sistema ciberfísico, en el marco del paradigma de la Industria 4.0.

7. REFERENCIAS.

- [1] Chompoonoot K. and Voratas K. (2007) “Simulation-Based Procedure for Bottleneck Identification”. En J.-W. Park, T.-G. Kim, and Y.-B. Kim (Eds.): *AsiaSim 2007, CCIS 5*, pp. 46–55, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [2] Vieira, A. A.; Dias, L. M.; Santos, M. Y.; Pereira, G. A.; Oliveira, J. A. (2018). “Setting an industry 4.0 research and development agenda for simulation-a literature review”. *International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)*, 17(3).
- [3] Goldratt E. M. and Cox J. (2012). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, Routledge, Revised. 2012.
- [4] Choe K. and Herman S. (2004). “Using theory of constraints tools to manage organizational change: a case study of Euripa Labs”. *International Journal of Management & Organisational Behaviour*, Volume 8 (6), 540-558 ISSN 1440-5377.
- [5] Dettmer H. W., *Goldratt’s Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement*. ASQ Quality Press, Milwaukee, USA, 1st Edition. 1996.
- [6] Bateman, R. E., Bowden, R. O., Gogg, T. J., Harrel, C. R., Mott, J. R. A. E Montevechi, J. A. B. (2013). *Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. Elsevier, Rio de Janeiro, 1ra edición.
- [7] Taha, H.A. (2012). *Investigación de Operaciones*. 9º. ed. Editorial Prentice Hall, México.
- [8] Ribeiro Lima Filho, E.; Carvalho Pereira, R.; Freire De Castro, V. (2008). “Simulação de eventos discretos aplicada em manutenção de tomógrafos hospitalares”. *SPOLM 2008, Rio de Janeiro - Brasil*.
- [9] Castro, R., Kofman, E., Wainer, G. (2010). “A Formal Framework for Stochastic Discrete Event System Specification Modeling and Simulation”. *Simulation*, 86(10), 587–611.
- [10] Barra Montevechi, J. A.; Leal, F.; Ferreira De Pinho, A.; Da Silva Costa, R. F.; Moura De Oliveira, M. L.; Faustino Da Silva A. L. (2010). “Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company”. *Proceedings of the Winter Simulation Conference. Brazilia - Brasil*.
- [11] Leal, F.; Almeida, D. A.; Montevechi, J. A. B. (2008). “Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF”. *Anais XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. João Pessoa*.
- [12] Sargent, R. G. (2013). “Verification and validation of simulation models”. *Journal of Simulation*, pp. 12–24.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean resaltar que esta publicación se logra en el marco del trabajo colaborativo dentro de la Red Internacional de Simulación en la Industria 4.0 entre las instituciones universitarias IDEI-UNGS (Argentina), FI-UNICEN (Argentina) e IEPG-UNIFEI (Brasil).

Aplicación del TPM, SMED, 5's en área de moldeo dentro de una empresa perteneciente a la cadena de las industrias aeroespaciales

Brian José Aguirre Valenzuela (1º Autor)*; María de los Ángeles Navarrete Hinojosa

*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora
Blvd. Luis Encinas J, Calle Av. Rosales &, Centro, 83000 Hermosillo, Son.
brian.aguirrev@gmail.com, maria.navarrete@unison.mx*

RESUMEN.

En la actualidad, las empresas necesitan ser competitivas y eficaces para lograr su permanencia en el mercado. Las técnicas y procedimientos que comprenden la filosofía de Lean Manufacturing se han convertido en un poderoso aliado de las empresas en la búsqueda de su supervivencia. Ejecutar sus herramientas y técnicas de la mejor manera, permite gestionar de forma exitosa los obstáculos relacionados con la calidad, costos y tiempos de entrega. La filosofía Lean se enfoca en el proceso de elaboración del producto, ayudando a eliminar desperdicios para la creación de valor para los clientes, quienes en última instancia, constituyen el eslabón más importante de la cadena cliente-proveedor. Para la aplicación exitosa de la filosofía Lean se requiere que todo el personal comprenda y acepte sus preceptos y condicionantes con el propósito de que realmente sea efectivo el conocimiento que nos otorga.

En el presente artículo se aplican herramientas de manufactura esbelta una de ellas es el Mantenimiento Productivo Total, TPM, dicha herramienta contribuyó a eliminar desperdicios detectados en el proceso de la elaboración de los empaques de silicón, como a su vez nos brindó un plan de mantenimiento para los problemas que había dentro del proceso, ya que nos ayuda a conectar el área de producción con la de mantenimiento de una manera óptima y eficaz. Para poder cumplir con el objetivo del TPM fue también necesario implementar las 5'S y el SMED (Single Minute Exchange of Dies), técnicas que ayudaron a la organización de cualquier área, así como a la reducción del 50% del tiempo de cambio de las herramientas.

Palabras Claves: Manufactura esbelta, TPM, Mantenimiento, Produccion, Desperdicios

ABSTRACT.

Today, companies need to be competitive and effective to stay in the market. The techniques and procedures that comprise the Lean Manufacturing philosophy have become a powerful ally for companies in the search for survival. Executing your tools and techniques in the best way allows you to successfully manage obstacles related to quality, costs and delivery times. The Lean philosophy focuses on the product development process, helping to eliminate waste for the creation of value for customers, who ultimately constitute the most important link in the customer-supplier chain. For the successful application of the Lean philosophy, it is required that all personnel understand and accept its precepts and conditions in order that the knowledge it grants us is really effective.

In this article, lean manufacturing tools are applied, one of them is Total Productive Maintenance, TPM, this tool contributed to eliminate waste detected in the process of making silicone packaging, as well as providing us with a maintenance plan for the problems that existed within the process, since it helps us to connect the production area with the maintenance area in an optimal and efficient way. In order to meet the objective of the TPM, it was also necessary to implement the 5'S and the SMED (Single Minute Exchange of Dies), techniques that helped the organization of any area, as well as a 50% reduction in the change time of tools

Keywords: Lean Manufacturing, TPM, Maintenance, Productivity, Waste

1. INTRODUCCIÓN

El área de producción de una compañía es la responsable de cumplir –en gran medida- con los requerimientos de los clientes. En primera instancia, es allí en donde deben enfocarse los esfuerzos para lograr que los productos manufacturados reúnan los parámetros que los clientes demandan y hacerlo además con una alta productividad para que los costos y tiempos de entrega sean mínimos y la variedad ofrecida sea del agrado del cliente. Para contribuir con este desafío se han desarrollado algunas filosofías y técnicas, una de las cuales, que ha probado su eficacia en todo el mundo, es la manufactura esbelta.

En el presente artículo se utilizarán algunas de las técnicas de la manufactura esbelta tales como TPM, 5'S, SMED, para disminuir desperdicios e incrementar el tiempo efectivo de uso de las máquinas moldeadoras, las cuales representan la principal operación del total de los productos elaborados en una compañía que produce arneses y conectores para la industria aeroespacial.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. El enfoque de la manufactura esbelta.

La manufactura esbelta es el enfoque de mejora industrial más conocido que se originó en el sistema de producción Toyota como un método para reducir sistemáticamente los desperdicios y maximizar el valor en los procesos de manufactura [1]. Desde sus inicios se enfocó en la aceleración de la cadena de suministros, acortando el tiempo necesario para surtir una orden, llevando a Toyota a mejorar la calidad y a reducir costos, mientras se mejoraba la seguridad y la moral [2].

Taj define la manufactura esbelta como un conjunto de conceptos, principios, métodos, procedimientos y herramientas para reducir las pérdidas en el flujo de valor [3].

Womack y Jones definen la manufactura esbelta como la mejor manera de administrar una organización con un enfoque en los empleados, clientes y proveedores. Estos autores sostienen que la producción debe realizarse con menos esfuerzo físico, menos equipo, menos tiempo y más cantidad. Para lograr lo anterior, mencionan los siguientes 5 principios de manufactura esbelta [4]: Identificar las características que crean valor, identificar la cadena de valor, trabajar en la mejora del flujo reduciendo pasos/movimientos innecesarios, trabajar según la demanda del cliente y reducir el tiempo de espera del cliente para mejorar su satisfacción.

Para Shah y Ward la manufactura esbelta adopta un enfoque de práctica múltiple para garantizar la eficiencia del servicio a través de una interacción sistemática, para que los productos se entreguen al cliente en el momento adecuado y sin desperdicio [5].

Tortorella considera que la manufactura esbelta es un modelo de negocios que valora al ser humano como el principal elemento para la sostenibilidad continua en la organización. La interacción entre los empleados contribuye a la adquisición de conocimientos para apoyar los proyectos futuros de la organización [6].

En resumen, los conceptos de manufactura esbelta han sido ampliamente reconocidos como una herramienta importante para mejorar la competitividad de las industrias. Este es un proceso continuo que involucra a todos, desde la gerencia hasta el taller. La fabricación ajustada o la producción ajustada, que a menudo se conoce simplemente como Lean, es una práctica de producción que considera el gasto de recursos para cualquier objetivo.

2.2. Importancia de la manufactura esbelta.

Los beneficios de la manufactura esbelta pueden resumirse de la siguiente manera: reducción de desechos; mejora de la productividad y calidad; introducción de prácticas innovadoras para mejorar la competitividad general; inducir buenas prácticas de manejo; aumento de la producción manufacturera; reducción en las quejas de los clientes; mejor y mejor adherencia al calendario de entrega; reducción en el rechazo de la calidad en cada etapa del proceso de producción; menores requisitos de inventario en cada etapa de producción; utilización óptima de los recursos en términos de espacio, mano de obra, materiales, utilización de equipos y consumo de energía; lugar de trabajo ordenado; y realizar una cultura de mejora continua [7].

La implementación de una estrategia de manufactura esbelta permite fortalecer la secuencia de fases que conduce a la excelencia operativa, una mejora continua y la eliminación de actividades sin valor agregado. Por un lado, las empresas buscan perfeccionar la metodología de justo a tiempo lo cual les trae mejor organización en el área de almacén para poder surtir de manera adecuada a las líneas de producción, reduciendo tiempos y minimizando costos. Satoglu y Sahin (2013) mencionan que las líneas de ensamblaje no deben satisfacer la demanda del cliente ni tarde ni temprano, ya que la producción temprana incurre en costos de mantenimiento del inventario y la producción tardía causa la pérdida de ventas o el retraso [8].

2.3. Técnicas de manufactura esbelta.

2.3.1. TPM.

Mantenimiento productivo total (TPM) está diseñado para maximizar la efectividad del equipo (mejorando la eficiencia general) mediante el establecimiento de un sistema integral de mantenimiento productivo que cubra toda la vida útil del equipo, abarcando todos los campos relacionados con el equipo (planificación, uso, mantenimiento, etc.), para lo cual es importante contar con la participación de todos empleados desde la alta gerencia hasta los trabajadores de la planta. En síntesis, para promover el mantenimiento productivo se requiere de la gestión de la motivación o actividades voluntarias de grupos pequeños [9].

En general consiste de 6 actividades:

1. Eliminación de las 6 grandes pérdidas
 - Falla en el equipo
 - Paros menores
 - Pérdida de velocidad
 - Set-Up
 - Reducción de desperdicios de materia prima
 - Defectos y retrabajos
2. Planeación del mantenimiento
3. Mantenimiento autónomo
4. Ingeniería preventiva
5. Diseño de producto
6. Educación y práctica

2.3.2. Cambios rápidos de herramienta (SMED).

La metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) hace posible realizar operaciones de configuración del equipo (cambio) en menos de 10 minutos, es decir, realizar los cambios en un solo dígito [10].

Se puede considerar como una de las herramientas de la manufactura esbelta. Reduce el desperdicio y mejora la flexibilidad en los procesos de fabricación, permitiendo la reducción del tamaño del lote y las mejoras de flujo. Reduce el tiempo no productivo al agilizar y estandarizar las operaciones para las herramientas de intercambio, utilizando técnicas simples y aplicaciones fáciles [11].

En el método SMED convencional, las actividades de configuración se realizan principalmente mediante mejoras en las máquinas; sin embargo, no sólo las máquinas sino también los operadores participan en el proceso de configuración. Una falta importante de la metodología SMED es la consideración y motivación de los operadores [10].

Existen dos operaciones dentro de este método convencional [12]:

Operaciones internas: son operaciones que solo se pueden hacer cuando la máquina está parada, como montar y desmontar dados, cambios de herramienta.

Operaciones externas: son operaciones que pueden realizarse cuando la máquina está en operación, como transportar los dados del almacén a la máquina o dejar los dados que se desmontaron en el almacén.

2.3.3. 5'S.

La metodología de mejora 5'S es una herramienta de la manufactura esbelta que está orientada a eliminar suciedad, desorden ayudando a identificar movimientos/acciones que no generen valor en el producto. Como resultado de su aplicación se obtiene una mejora en las áreas evaluadas, teniéndolas limpias, ordenadas, mejor visión del área y facilidad de búsquedas dentro de la mesa de trabajo ayudando a mejorar la cultura del trabajo con el personal. Sus iniciales en japonés significan [13]:

- a. Seiri: Clasificación, diferencia entre elementos necesarios e innecesarios.
- b. Seiton: Organización, disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del Seiri.
- c. Seiso: Limpieza, mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.
- d. Seiketsu: Estandarizar, practicar continuamente los 3 pasos anteriores.
- e. Shitsuke: Seguir mejorando, construir la autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5's mediante el establecimiento de estándares.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

El presente proyecto se realizó en el área de moldeo de una empresa que produce arneses y conectores para una industria aeroespacial. Esta área de moldeo cuenta con una estructura laboral de dos turnos, donde se utilizan tres máquinas (Figura 1) para fabricar los empaques de silicón, con un operador cada una. El proceso para la fabricación de los empaques de silicón es el siguiente: corte de silicón, moldeo, inspección y corte de gate, pintado de posición, horneado, inspección y por último el empaquetado. Se considera que la principal operación es la de moldeo. Las máquinas moldeadoras tardan 9 minutos en moldear el empaque del silicón. Esta operación es requerida por la mayor parte de los productos elaborados en cada turno, por lo que es deseable que las máquinas mantengan un 95-100% de utilización para poder cumplir con la demanda planeada.



Figura 1 Ejemplo de las máquinas utilizadas.

El área de moldeo presenta dificultades para satisfacer la demanda diaria de los empaques de silicón (Figura 2) debido a la baja eficiencia de las máquinas de moldeo, las cuales constituyen la operación básica involucrada en la fabricación de estos productos. Algunas de las causas detectadas para que se presente esta situación son: la incompetencia en el cumplimiento de los servicios de mantenimiento diarios, la inconsistencia de los parámetros para cada máquina-molde, la ineficiencia en las capacitaciones y a su vez el mal control dentro de los procesos, todo lo cual afecta la cantidad de productos finales y retrasa los tiempos de entrega a los clientes. Esto hace que el área de moldeo requiera de horas extras de su personal, afectando económicamente a la empresa.



Figura 2 Empaque de silicón.

Durante la investigación se pudo concluir que el proceso de moldeo es el más importante ya que de ahí depende la cantidad de productos existentes al finalizar cada turno. Al enfocar la atención para lograr la mejora de este proceso, se observa que su tiempo de ciclo es de 636 segundos; 540 segundos son de la máquina ya que ésta tarda 9 minutos en calentarse para moldear el silicón, los otros 96 segundos son los que tarda la operadora en retirar el silicón del molde y poner otro cubo de silicón a moldear (Tabla 1).

Tabla 1 *Tiempo de ciclo del proceso de moldeo.*

Operación	Tiempo (segundos)		
	Operadora	Máquina	Tiempo ciclo
Moldeo	96	540	636

Si la operadora utiliza más tiempo del especificado en la Tabla 1, se reducen los productos terminados al finalizar su turno. Este problema puede ser ocasionado por:

- Parámetros incorrectos de las máquinas: en los órdenes de trabajo mencionan los parámetros con los que se tiene que producir el número de parte y que molde es el que se requerirá, pero los parámetros que están en los órdenes de trabajo no son los reales, ya que al pasar el tiempo las máquinas se desgastan y hace que exista variación en ellas, deformando el producto.
- Molde sin mantenimiento preventivo: el molde tiende a necesitar servicios de mantenimiento diarios, muchos de estos mantenimientos se realizan en las horas de producción.
- Mantenimiento incorrecto: un mal mantenimiento hace que el molde no moldee bien la pieza, requiriendo otro mantenimiento.

- Mala capacitación: se puede entender por no maniobrar bien las herramientas, no saber si el producto salió defectuoso o no.
- Distractores: las operadoras y técnicos se distraen afectando el tiempo de proceso.

Cada uno de estos problemas hace que la operadora fabrique menos productos al finalizar su turno afectando el cumplimiento de la demanda diaria. Para ofrecer una solución a estos problemas se determinó como más factible la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), la cual es una herramienta de la manufactura esbelta cuyo objetivo es lograr una alta disponibilidad del equipo/maquinaria, es una filosofía ligada al Justo a Tiempo, que sirve para reducir costos y aumentar la productividad.

4. ARGUMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

TPM ha sido ampliamente reconocido como un arma estratégica para mejorar el rendimiento de fabricación al mejorar la efectividad de las instalaciones de producción [14-15]. TPM ha sido aceptado como la estrategia más prometedora para mejorar el rendimiento de mantenimiento para tener éxito en un mercado altamente exigente [16]. TPM es la estrategia de fabricación probada que se ha empleado con éxito a nivel mundial durante las últimas tres décadas, para lograr los objetivos organizacionales de lograr la competencia central en el entorno competitivo [17]. TPM es una técnica altamente influyente que se encuentra en el núcleo de la "gestión de operaciones" y merece atención inmediata por parte de organizaciones de todo el mundo [18].

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

La propuesta del proyecto fue creada por un equipo conformado por gerentes de moldeo, ingenieros, supervisores, jefe de línea, operadores y técnicos que laboran en la empresa bajo estudio, para darle seguimiento a la herramienta del TPM. Se inició con la implementación de esta filosofía concientizando a todos los involucrados para que entiendan las 6 actividades claves de esta herramienta de la manufactura esbelta, así mismo se les explicó de otras herramientas como las 5'S, SMED y ayudas visuales ya que son la base para una buena implementación del TPM.

1. Eliminación de las 6 grandes pérdidas
2. Planeación del mantenimiento
3. Mantenimiento autónomo
4. Ingeniería preventiva
5. Diseño de producto
6. Educación y práctica

6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

6.1. Eliminación de las 6 grandes pérdidas.

El proyecto se enfoca en eliminar estas 6 grandes pérdidas o bien, disminuir los desperdicios. Para poder empezar con esta implementación del TPM es necesario que primero entiendan lo que significa el TPM, también es necesario que los integrantes del equipo identifiquen las operaciones que conlleva la fabricación de los empaques de silicón, es importante que se tenga una gran participación de las operadoras ya que ellas son las que manejan el producto y son las que tienen más práctica y experiencia.

Una vez entendido el TPM, su enfoque y los beneficios, se empieza a trabajar para reducir o eliminar estas 6 grandes pérdidas, para poder entender un poco más se mostrarán en la siguiente tabla (Tabla 2) las piezas que se pierden o se dejan de producir por estas pérdidas.

Tabla 2 Determinación de las 6 grandes pérdidas.

6 grandes pérdidas		Causa	Piezas que no son producidas	Frecuencia
1	Fallo en el equipo	Falta de Parámetros de las máquinas	40-80 pzas	Dos veces al mes
2	Paros menores	Mantenimiento a molde	36-50 pzas	Diario
3	Pérdida de velocidad	Distracción, falta de capacitación	10-70 pzas	Diario
4	Set-up	Mal ejecución	72-96 pzas	Una vez al mes
5	Reducción de desperdicios de materia prima	Silicón caducado	300-600 pzas	Una vez cada 3 meses
6	Defectos y retrabajos	Daños en la pieza, deformaciones	10-40 pzas	Diario

Para entender mejor la problemática, se evaluó a 2 operadoras, una de ellas es una operadora que ha trabajado con los empaques de silicón por más de 3 años, la otra es rotada por el área y tiene poca experiencia en los empaques de silicón, llamaremos operadora 1 a la operadora con experiencia y operadora 2 a la que rota por el área. Se contaron las piezas finales de cada turno producidos por las operadoras 1 y 2, durante 1 semana. Cabe aclarar que las 2 operadoras trabajaron con moldes de 12 piezas, 580 piezas son las piezas que se deberían fabricar si el trabajo estuviera estandarizado y controlado. Las Figuras 3, 4 y 5 muestran la producción real obtenida por cada una de las operadoras y su comparación con la producción meta de 580 unidades.

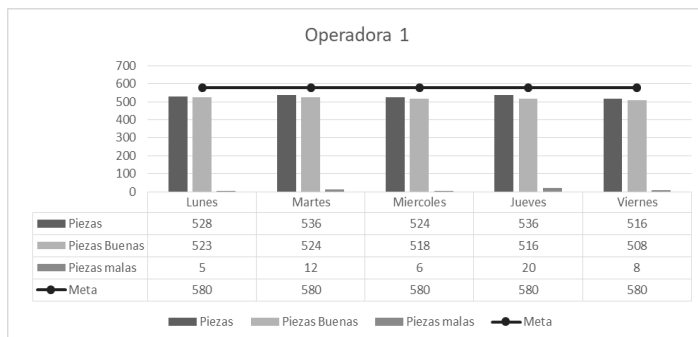


Figura 3 Número de piezas de la operadora 1.

La operadora 1 (Figura 3) está cerca de la meta, sin embargo, no cumple con ella porque los mantenimientos al molde le quitan gran parte de su tiempo para poder producir los empaques de silicón, cabe mencionar que la operadora 1 es la operadora que más piezas fabrica al finalizar su turno, teniendo un promedio de 528 piezas diarias. Para llegar a la meta faltarían 52 piezas más, que no se fabrican debido a los problemas, pérdidas y desperdicios ya mencionados.

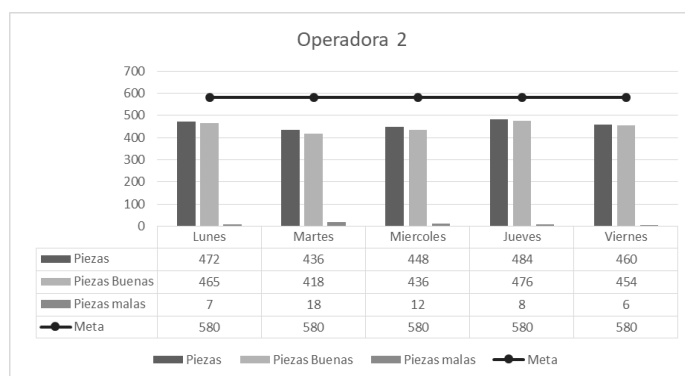


Figura 4 Número de piezas de la operadora 2.

La operadora 2 (Figura 4) tiene el mismo problema con el mantenimiento del molde, también se le quita tiempo de producción, pero ella presenta otros desperdicios detectados, uno de los más importantes es la capacitación que recibió ya que ella tarda más en la operación de molde, lo que eleva el tiempo de ciclo de los empaques de silicón, disminuyendo la cantidad de productos existentes al finalizar su turno.

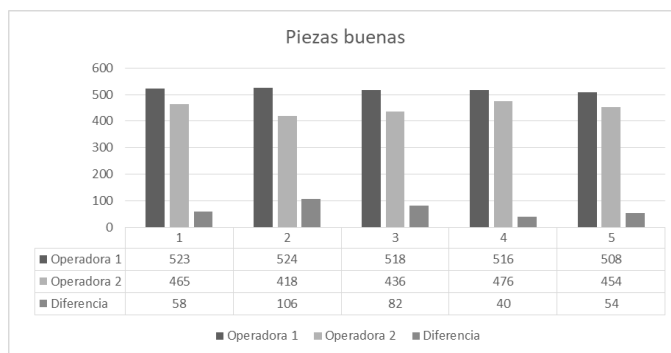


Figura 5. Diferencia de piezas de la operadora 1 y 2.

La diferencia promedio entre la operadora 1 y la 2 es de 68 piezas (Figura 5), existen más operadoras que son asignadas para fabricar los empaques de silicón, pero muy pocas de ellas fabrican los productos como la operadora 1, eso quiere decir que probablemente las demás operadoras estén en una situación similar a la de la operadora 2. Las operadoras están lejos de alcanzar la meta establecida por el equipo y esto se debe a los problemas ya mencionados. Para

poder acercarse a ese número meta es necesario atacar las 6 grandes pérdidas, para lo cual se desarrollaron las siguientes opciones de solución.

6.1.1. Falla del equipo.

Las máquinas de moldeo tienden a variar ya que son antiguas y de diferentes proveedores, por lo que fue necesario –en un primer paso- adentrarse en su funcionamiento para entender realmente cómo trabajan y de qué manera se pudieran encontrar los parámetros reales a utilizar para elaborar los artículos con mayor demanda, con la finalidad de que el producto salga lo más correcto posible. Se realizó una tabla donde se describe el número del parte, que molde utiliza, los parámetros; temperatura, presión, peso del cubo de silicón y tiempo de la máquina para cada una de las tres máquinas moldeadoras. El silicón que se utilizará es el mismo para todos los números de parte (ver Tablas 3, 4 y 5).

Tabla 3. Parámetros de la prensa 14.

PRENSA 14						
N/P	MOLDE	TEMPERATURA	PRESION	PESO DEL TIRO	SILICÓN	TIEMPO MAQ.
232967-000	21-1850373	351 C°	1075	7,6 GR	EM9163-000	9 MIN
241007-000						

Tabla 4. Parámetros de la prensa 13.

PRENSA 13						
N/P	MOLDE	TEMPERATURA	PRESION	PESO DEL TIRO	SILICON	TIEMPO MAQ.
084987-000	21-1850398	365 C°	500	7,25+-,05 gr	EM9163-000	9 min

Tabla 5. Parámetros de la Wabash 1.

WABASH 1								
N/P	MOLDE	TEM. SUPERIOR	TEM. INFERIOR	CLAMP PRESSURE	TRANSFER PRESSURE	PESO DEL TIRO	SILICON	TIEMPO MAQ.
232967-000	20-1943426	355	351	12	2,9	9,95 gr	EM9163-000	9 MIN
241007-000								
084987-000	20-1943424	355	350	12	2,9	9,95 gr	EM9163-000	9 MIN

Después de construir estas tablas conteniendo la información precisa para la producción de los números de parte seleccionados y cada máquina, se entregó y difundió, para que las operadoras tengan fácil acceso a los parámetros y los vean antes de producir los empaques de silicón, esto también ayudó a los técnicos para identificar rápidamente qué molde es con el que se está trabajando y si existe un posible cambio, que vean los parámetros que se requieren.

Para poder encontrar estos parámetros se trabajó en un diseño de experimento básico, en el que se modificaban los parámetros y se analizaba el empaque de silicón en el microscopio hasta que se encontraron los parámetros ilustrados en las tablas anteriores. Posterior a eso, se le entregaban las medidas y los productos a la encargada de calidad para que los inspeccionará y aprobara los parámetros nuevos.

Adicionalmente, se creó otra tabla para tomar en cuenta posibles modificaciones, en virtud de que los ingenieros no sabían cuando uno de estos parámetros pudiese cambiar, un ejemplo es la siguiente:

Tabla 6. Ejemplo de una tabla para modificar parámetros.

PRENSA 14						
N/P	MOLDE	TEMPERATURA	PRESION	PESO DEL TIRO	SILICON	TIEMPO MAQ.
232967-000	21-1850373				EM9163-000	9 MIN
241007-000						

Fecha de la modificación:					
Observaciones:					

Debido a que la máquina puede fallar y al pasar esto, el producto salir defectuoso, es donde entran los ingenieros y el equipo de mantenimiento acude a ver qué está pasando con los parámetros y con la máquina, al momento de modificar un parámetro se apunta en esta tabla, poniendo la fecha de la modificación y las observaciones. Esta tabla también fue entregada para su colocación en cada máquina, de esta manera el número de parte se corre con la nueva modificación, se observan los empaques de silicón durante una semana, se comparan con el plano del producto y si es correcto, se modifica ese parámetro.

6.1.2. Paros menores.

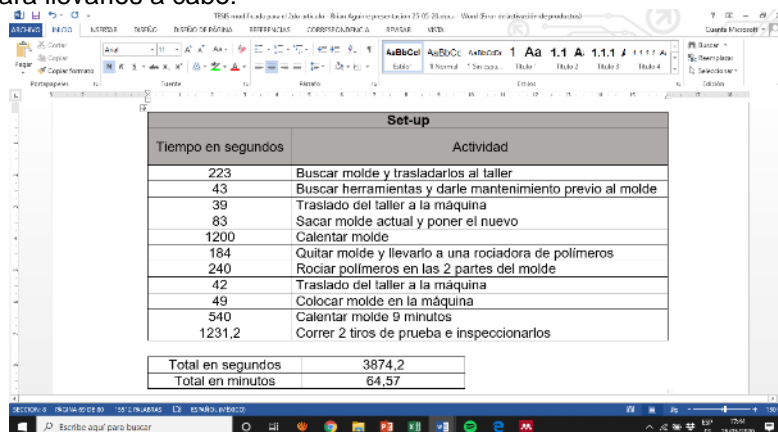
El molde se llena de suciedad y es necesario parar la máquina para poder brindarle un mantenimiento al molde. Estos paros son necesarios ya que sale mejor realizar el mantenimiento al molde que trabajar con el molde en ese estado, estos mantenimientos suelen ser de 1 a 2 diarios, el equipo de mantenimiento debe realizar este mantenimiento siguiendo protocolo para no dañar el molde, ya que éste tiene pines que pueden ser lastimados, se entregó este protocolo especificando cada paso que se debe seguir para poder brindar el mantenimiento de la forma correcta.

6.1.3. Pérdida de velocidad.

Se concientizó a la jefa de línea para que ella pudiera entender la importancia de la máquina de moldeo, ya que de ahí depende la mayor parte de los números de parte existentes al finalizar el turno, así mismo se concientizó al personal para no distraerse al momento de ejecutar esa operación. Se aplicaron las 5'S en las mesas de trabajo, esto ayudó a que las operadoras tuvieran siempre las herramientas en el mismo lugar. Se mandó a cambiar la iluminación del área para que tuvieran una visión clara de lo que observaban en el microscopio.

6.1.4. Set-Up.

Cada vez que se quiere producir un número de parte diferente es necesario realizar un set-up, para esto es necesario seguir ciertos pasos que se mencionan en la Figura 6, así como el tiempo recomendado para llevarlos a cabo:



Tiempo en segundos	Actividad
223	Buscar molde y trasladarlos al taller
43	Buscar herramientas y darle mantenimiento previo al molde
39	Traslado del taller a la máquina
83	Sacar molde actual y poner el nuevo
1200	Calentar molde
184	Quitar molde y llevarlo a una rociadora de polímeros
240	Rociar polímeros en las 2 partes del molde
42	Traslado del taller a la máquina
49	Colocar molde en la máquina
540	Calentar molde 9 minutos
1231,2	Correr 2 tiros de prueba e inspeccionarlos
Total en segundos	3874,2
Total en minutos	64,57

Figura 6. Tiempo de ejecución del Set-Up.

Para poder reducir el tiempo del set-up fue necesario aplicar la herramienta SMED, la cual ayudó a identificar las actividades externas e internas (ver Figura 7); una vez que se identificaron esas actividades, se buscó cuales se pudieran eliminar o hacer al mismo tiempo para poder reducir el tiempo de ejecución, así como también se apoyó con ayudas visuales en los gabinetes donde se encuentran los moldes, esto ayudó a identificar de manera rápida el molde que sería el nuevo en correr dentro de la línea de producción.

Set-up			
Tiempo en segundos	Actividad	Externa	Interna
223	Buscar molde y trasladarlo al taller	X	
43	Buscar herramientas y darle mantenimiento previo al molde	X	
39	Traslado del taller a la maquina	X	
83	Sacar molde actual y poner el nuevo		X
1200	Calentar molde		X
184	Quitar molde y llevarlo a una rociadora de polimeros		X
240	Rociar polimeros en las 2 partes del molde	X	
42	Traslado del taller a la maquina	X	
49	Colocar molde en la maquina		X
540	Calentar molde 9 minutos		X
1231,2	Correr 2 tiros de prueba e inspeccionarlos		X
Total en segundos		3874,2	
Total en minutos		64,57	

Figura 7. División de actividades del Set-Up.

Los moldes se encuentran desordenados en un gabinete, lo que nos llevó a estandarizar el gabinete, se realizó un formato donde se indican cuales moldes se encuentran en los diferentes niveles del gabinete, para siempre dejarlos en el mismo lugar cuando éstos no se estén utilizando, así al momento de buscarlos siempre estarán en el mismo lugar y así será más fácil su localización, reduciendo el tiempo de búsqueda.

Antes de que la orden de producción de cierto número de parte esté por finalizar se les avisará a los técnicos para que vayan preparando el molde, al hacerlo de esta manera se eliminarán las actividades externas del set-up

Las actividades 4, 5, 6, 7 y 8 se realizaron en una máquina que no se utiliza, pero sirve para calentar el molde, lo que ayudó a convertir esas actividades internas a externas (Figura 8).

Set-up			
Tiempo en segundos	Actividad	Externa	Interna
98	Buscar molde y trasladarlos al taller	X	
43	Buscar herramientas y darle mantenimiento previo al molde	X	
39	Traslado del taller a la maquina	X	
83	Sacar molde actual y poner el nuevo	X	
1200	Calentar molde	X	
184	Quitar molde y llevarlo a una rociadora de polimeros	X	
240	Rociar polimeros en las 2 partes del molde	X	
42	Traslado del taller a la maquina	X	
49	Colocar molde en la maquina		X
540	Calentar molde 9 minutos		X
1231,2	Correr 2 tiros de prueba e inspeccionarlos		X
Total en segundos		3749	1820
Total en minutos		62	30

Figura 8. Reducción del tiempo de Set-Up.

En resumen, se pudiera decir que el SMED ayudó a reducir 50% el tiempo de ejecución ya que las actividades externas se realizan antes de cambiar el molde para fabricar otro número de parte, solamente se tardaría 30 minutos en correr otro número de parte.

6.1.5. Reducción de desperdicios de materia prima.

La materia prima es el silicón con el que se fabrican los empaques, este silicón cuenta con fecha de caducidad. Se observó que cada mes se tiran aproximadamente 3 kilos de silicón a veces hasta más, lo que se hizo fue que la encargada del almacén contabilizara los kilos que se tiran para que en un trabajo futuro lo analicen y ver si se pueden utilizar todo el silicón gracias a un buen plan de producción.

6.1.6. Defectos y retrabajos

Los retrabajos no existen para ese tipo de producto ya que el producto es muy delicado, todos los productos que no cumplen con las características del producto son desechados. Existen características que a simple vista se pueden detectar y determinar si se produjeron defectos, otra característica importante son las medidas de las piezas, pero el primer filtro es visual, la operadora con base a su experiencia se da cuenta cual empaque de silicón está bien o no, existe un documento de calidad donde salen fotografías que sirven de ejemplos, pero estos ejemplos no sirven ya que en las fotografías salen números de parte que ya no se fabrican. Esto condujo a elaborar un nuevo documento con fotografías actualizadas, especificando las piezas buenas y piezas malas de los números de parte que más se fabrican. Este documento sirvió para capacitar al nuevo personal, para identificar piezas malas y buenas, con lo que se logrará que el producto malo no llegue a manos del cliente.

6.2. Planeación del mantenimiento.

Las máquinas requieren cierto mantenimiento, dichos mantenimientos son recibidos cada 3 meses, el taller de mantenimiento no cuenta con una lista de las piezas que requieren ser cambiadas cuando brindan esos mantenimientos, le cambian las piezas por la experiencia que tienen los técnicos, pero en ocasiones no cuentan con el repuesto a la mano, y se pierde tiempo en aprobar la compra de esa pieza y las máquinas se quedan sin producir.

Se requiere un plan de mantenimiento y contar con una lista de todas las piezas que necesitan ser cambiadas en esos mantenimientos y siempre contar con piezas de repuesto por si salen defectos imprevistos.

6.3. Mantenimiento autónomo.

Las operadoras tienen que limpiar su zona de trabajo, para que el siguiente turno trabaje adecuadamente y no pierda tiempo en buscar las herramientas de trabajo, así como dejar claro el número de parte que se está produciendo. El turno de la noche tiende a cometer más errores ya que no cuentan con una jefa de línea ni supervisor de producción, por lo que resulta indispensable dejar todo muy claro antes de terminar el turno del día.

6.4. Ingeniería preventiva.

Este paso del TPM no se abarcó ya que se tendría que saber la vida útil de las piezas, maquinaria, rentabilidad, entre otras cosas.

6.5. Diseño de producto.

El diseño del producto no puede cambiar, pero sí la forma en la que se fabrican los empaques, así como brindar mejores herramientas a las operadoras para facilitarles su trabajo. Se cambió un fixture que utilizaban en el corte del gate, antes era de plástico y se cambió por uno de vidrio, con lo que se aumentó la precisión del corte reduciendo los tiempos de operación.

6.6. Educación y práctica.

Se necesita tiempo para comprender la filosofía del justo a tiempo y del TPM, pero una vez logrado lo anterior es vital no dejar de practicarlo, este paso es muy importante ya que brinda soporte a las primeras 5 actividades del TPM. Sin lugar a dudas, no deben olvidarse las responsabilidades de cada integrante del equipo. En síntesis, se necesita de todos para que la filosofía se convierta en un hábito y puedan ver los resultados en poco tiempo.

Al respecto, se logró que los Ingenieros de mantenimiento auditen constantemente el área de moldeo para verificar que sigue la aplicación del TPM, tal y como se diseñó.

7. RESULTADOS PRELIMINARES.

El equipo de trabajo buscó la reducción o eliminación de los desperdicios detectados. En algunos casos, no fue posible su eliminación, pero sí se redujeron, ya sea por la cantidad de piezas que se perdían en el momento o bien, su frecuencia se redujo, tal y como se muestra la Tabla 7.

Tabla 7. Reducción de las piezas perdidas.

6 grandes pérdidas		Causa	Antes de la aplicación de TPM		Después de la aplicación de TPM	
			Piezas que no son producidas, scrap	Frecuencia	Piezas que no son producidas, scrap	Frecuencia
1	Fallo en el equipo	Falta de parámetros de las máquinas	40-80 pzas	Dos veces al mes	40-80 pzas	Una vez cada 3 meses
2	Paros menores	Mantenimiento a molde	36-50 pzas	Diario	36-50 pzas	Una vez por semana
3	Pérdida de velocidad	Distracción, falta de capacitación	10-70 pzas	Diario	0-24 pzas	Diario
4	Set-up	Mal ejecución	72-96 pzas	Una vez al mes	36-48 pzas	Una vez al mes
5	Reducción de desperdicio de materia prima	Silicón caducado	300-600 pzas	Una vez cada 3 meses	0 pzas	N/A
6	Defectos y retrabajos	Daños en la pieza, deformaciones	10-40 pzas	Diario	0-24 pzas	Diario

Una vez minimizados los desperdicios se evaluó el tiempo de ciclo de la operación de moldeo, ya que se redujo el tiempo que tardaba la operadora al maniobrar la máquina en 30 segundos, aunque cuando el tiempo de la máquina quedó igual en 540 segundos. Esta reducción se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Reducción del tiempo de ejecución del moldeo.

Operación de moldeo			
	Antes	Después	Reducción
Tiempo operadora	96 seg	66 seg	30 seg
Tiempo máquina	540 seg	540 seg	0 seg

Con la reducción del tiempo de ejecución en el proceso de moldeo y con la reducción de los desperdicios las operadoras aumentaron sus piezas al finalizar su turno, teniendo en claro que la meta eran 580 piezas, pero esta cantidad no se pudo alcanzar, ya que aún no se encuentra finalizada la implementación del TPM. Las Figuras 9 y 10 muestran las gráficas de los resultados obtenidos por las operadoras que estuvieron trabajando con el proyecto.

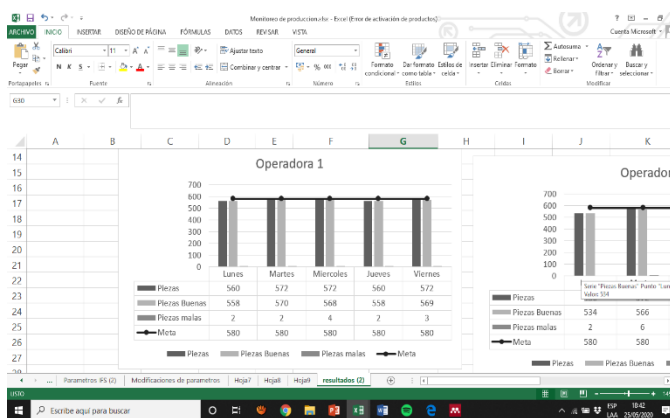


Figura 9. Aumento de piezas terminas operadora 1.

Con la implementación del TPM la operadora 1 promedia 565 piezas diarias, antes realizaba 518 piezas, esto significa que al implementar el TPM la operadora pudo aumentar 47 piezas mas al finalizar su turno. Esto se debe a que se redujeron los desperdicios detectados, así como el tiempo ciclo de la operación de moldeo.

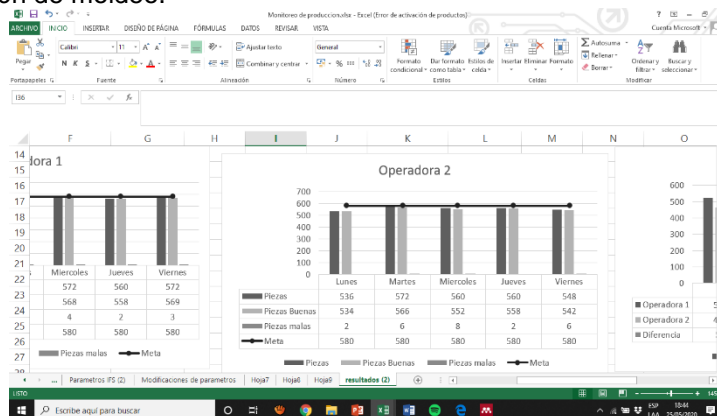


Figura 10. Aumento de piezas terminas operadora 2.

Con la implementación del TPM la operadora 2 promedia 550 piezas diarias, mientras que con anteriormente realizaba 450 piezas, esto significa que la operadora pudo aumentar 100 piezas mas al finalizar su turno. Esto se debe a que se redujeron los desperdicios detectados y se redujo el tiempo ciclo de la operación de moldeo.

Antes se fabricaban 968 piezas diarias por las dos operadoras, actualmente se fabrican 1115 piezas diarias de silicón por las dos operadoras, se tuvo un aumento de aproximadamente 147 piezas más por día, equivalente a un 15% más de producción.

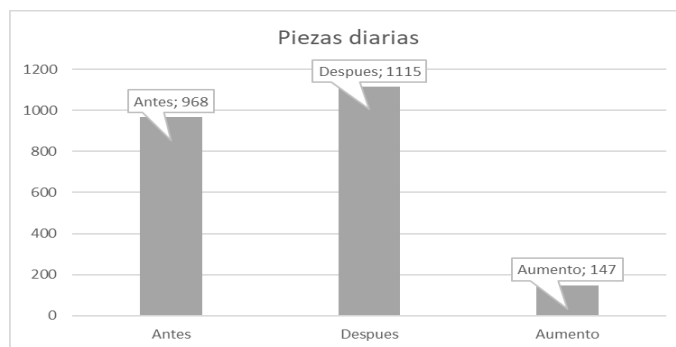


Figura 11. Aumento de piezas diarias

8. CONCLUSIÓN.

Es fundamental para las empresas lograr la satisfacción de sus clientes, lo que puede repercutir positivamente para incidir con éxito en nuevos mercados que les generen mayores ingresos y más competitividad. Una alternativa para alcanzar lo anterior radica en una buena implementación de las herramientas o técnicas de la manufactura esbelta.

A pesar de que no se ha podido alcanzar la meta de producción de las 580 piezas en las máquinas moldeadoras, se ha aumentado la producción de los empaques de silicón en un 15%. Los resultados obtenidos confirman la necesidad de continuar impulsando la implementación de las técnicas de la manufactura esbelta recomendadas para lograr la meta planteada y de esta forma, satisfacer más rápido al cliente y que la empresa mejore su posición competitiva en el mercado.

9. REFERENCIAS.

- [1] Bartholdi, J. & Hankman, S., 2016. Warehouse & distribution science. [Online] Available at: <http://www.warehouse-science.com/>
- [2] Liker, J., 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, New York: McGraw-Hill.
- [3] Taj, S. (2008) 'Lean manufacturing performance in China: Assessment of 65 manufacturing plants', *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(2), pp. 217–234. doi: 10.1108/17410380810847927.
- [4] Womack J, Jones DT., 1996. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Touchstone, New York 17.
- [5] Shah R, Ward P., 2003. Lean manufacturing: context. *Pract Bundles Perform J Oper Manag* 21(2):129–142 18.
- [6] Tortorella GL, Vergara LGL, Ferreira EP., 2017. Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to sociotechnical and ergonomics practices adoption. *Int J Adv Manuf Technol* 89(9–12):3407–3418
- [7] Bhaskaran, E., 2012. 'Lean Manufacturing Auto Cluster at Chennai', *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 93(4), pp. 383–390.
- [8] Satoglu, S. I. and Sahin, I. E., 2013. 'Design of a just-in-time periodic material supply system for the assembly lines and an application in electronics industry', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65(1–4), pp. 319–332.
- [9] Chan, F. T. S. *et al.* (2005) 'Implementation of total productive maintenance: A case study', *International Journal of Production Economics*, 95(1), pp. 71–94. doi: 10.1016/j.ijpe.2003.10.021.
- [10] Boran, S. and Ekincioglu, C. (2017) 'A novel integrated SMED approach for reducing setup time', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(9–12), pp. 3941–3951. doi: 10.1007/s00170-017-0424-9.
- [11] Morales Méndez, J. D. and Silva Rodríguez, R. (2016) 'Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(9–12), pp. 1907–1916. doi: 10.1007/s00170-015-7845-0.
- [12] Tekin, M. *et al.* (2019) *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-92267-6.
- [13] Barcia, K. (2014) 'Propuesta para la Implementación de la Metodología de Mejora 5s en una Línea de Producción de Panes de Molde Propuesta para la Implementación de la Metodología de Mejora 5s en una Línea de Producción de Panes de Molde', (April).
- [14] Dwyer, J. (1999), "More than a maintenance technique", *Works Management*, Vol. 52 No. 9, pp. 15-16.
- [15] Dossenbach, T. (2006), "Implementing total productive maintenance", *Wood and Wood Products*, Vol. 111 No. 2, pp. 29-32.
- [16] Nakajima, S. (1989), *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Portland, OR.

- [17] Ahuja, I.P.S., Singh, T.P., Sushil, M. and Wadood, A. (2004), "Total productive maintenance implementation at Tata Steel for achieving core competitiveness", *Productivity*, Vol. 45 No. 3, pp. 422-6.
- [18] Voss, C.A. (2005), "Paradigms of manufacturing strategy re-visited", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25 No. 12, pp. 1223-7.

Diseño de indicadores de gestión del transporte público de pasajeros a través de datos generados por sistema SUBE – Caso de Estudio Ciudad Paraná

Díaz, Rafael David*; Jaurena, Juan Francisco¹; Lischet, Sebastián Marcelo²

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos.

Ruta provincial 11, Km 10, Oro Verde Entre Ríos

CP 3100 ingenieria.uner.edu.ar

*rdiazarias@ingenieria.uner.edu.ar **, *jfjaurena@ingenieria.uner.edu.ar¹*, [*smlischet@gmail.com²*](mailto:smlischet@gmail.com)

RESUMEN.

La movilidad urbana en su conjunto, es uno de los elementos centrales que definen las dinámicas de desarrollo de las urbes. Es determinante tanto para la productividad económica de las ciudades, como para la calidad de vida de quienes las habitan. En ese sentido gestionar adecuadamente el sistema de transporte, se torna una disciplina científica, ya que, utilizando las nuevas tecnología y el manejo del *big data*, se pueden construir modelos de gestión, adecuando así el sistema de transporte, el cual, se analiza a través del estudio de los indicadores de gestión y las tendencias de evolución, lo que permite enriquecer la discusión en torno a la generación de políticas públicas, y el perfeccionamiento de regulaciones para satisfacer las necesidades de la población con base en datos estadísticos y técnicos. El sistema **SUBE** (Sistema Único de Boleto Electrónico), implantado en la ciudad de Paraná-Entre Ríos-Argentina, es un importante generador de datos, este estudio busca la construcción de indicadores, que permitan medir el desempeño del sistema de gestión del transporte público de pasajeros, del área Metropolitana de la Ciudad. Los indicadores permiten obtener y evaluar índices y tendencias de evolución, se realizará una evaluación del servicio, además se podrá proporcionar herramientas para la planificación de la movilidad urbana. Por otro lado lo novedoso de este trabajo, al ser Paraná una ciudad intermedia, su población es cercana a los 300 mil habitantes, apunta a modelos de indicadores de ciudad, que cumplan con las características poblacionales, de esta manera gestionar la planificación del territorio teniendo como eje central el transporte público de pasajeros.

Palabras Claves: Transporte Público, Big data, Gestión, SUBE, Indicadores de Gestión

ABSTRACT

Urban mobility as a whole is one of the central elements that define the dynamics of urban development. It is decisive both for the economic productivity of cities and for the quality of life of those who inhabit them. In this sense, managing the transport system properly becomes a scientific discipline, since, using new technology and the management of big data, management models can be built, thus adapting the transport system, which is analyzed according to through the study of management indicators and evolution trends, which allows enriching the discussion around the generation of public policies, and the improvement of regulations to meet the needs of the population based on statistical and technical data. The SUBE system (Unique Electronic Ticket System), implemented in the city of Paraná-Entre Ríos-Argentina, is an important generator of data, this study seeks to build indicators that allow measuring the performance of the public transport management system of passengers, of the Metropolitan area of the City. The indicators allow obtaining and evaluating evolution indices and trends, an evaluation of the service will be carried out, and tools for urban mobility planning can also be provided. On the other hand, the novelty of this work, since Paraná is an intermediate city, its population is close to 300 thousand inhabitants, it points to models of city indicators that comply with the population characteristics, in this way to manage the planning of the territory having as a central axis the public passenger transport.

Keywords: Public Transport, Big data, Management, SUBE, Management Indicators

1. INTRODUCCIÓN

La gestión adecuada de la movilidad urbana es uno de los elementos centrales que definen las dinámicas de desarrollo urbano. Es determinante tanto para la productividad económica de la ciudad como para la calidad de vida de sus habitantes. La gestión de un sistema se debe contar con datos actualizados que permitan obtener índices y generar tendencias de evolución de forma tal que permita tomar decisiones con la menor incertidumbre posible, así enriquecer la generación de políticas públicas y perfeccionar las regulaciones para satisfacer las necesidades de la población. El sistema **SUBE** (Sistema Único de Boleto Electrónico) implantado en la ciudad de Paraná en el año 2017, es un generador de datos, los cuales pueden ser usados para la construcción de indicadores. La gestión del transporte debe contemplarse desde una óptica integral, ya que, no es independiente de otras políticas sectoriales: el transporte no es un fin en sí mismo [1], sino un medio para alcanzar determinados destinos, donde satisfacer un conjunto de necesidades. Los indicadores como instrumentos de control han tenido un auge especial en las administraciones municipales, debido a la dificultad para introducir mecanismos de mercado que permitan utilizar la capacidad de elección de los ciudadanos para favorecer la obtención de servicios de mayor calidad [2]

Los Indicadores de gestión son un valor numérico que provee una medida para ponderar el desempeño cuantitativo y/o cualitativo de un sistema, es decir, un indicador es una medida estratégica que permite evaluar los objetivos estratégicos definidos por la organización, en este caso un sistema de transporte público de pasajeros.

El Sistema Único de Boleto Electrónico (**SUBE**), es un sistema implementado en la República Argentina a partir del año **2011**, que permite a cada usuario con su respectiva tarjeta inteligente, abonar los viajes en colectivos, subtes, trenes y los peajes adheridos, tanto en el transporte público del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), como en las líneas de colectivos urbanas e interurbanas de las principales provincias y ciudades del país, donde empieza su implementación a partir del año 2015 según **resolución 1535/2014** del Ministerio Nacional del Interior y Transporte.

SUBE es un importante sistema de generación de datos, ya que, la consola no solamente registra corte de boletos, sino también genera información georreferenciada, con lo cual se obtiene, distancias recorridas por cada servicio. Es por ello, que las bases de dato de SUBE generan grandes volúmenes de información, la cual está consolidada en tablas de información que están disponibles para cada autoridad de aplicación local. En ese orden de ideas, las herramientas de la ingeniería permiten optimizar y obtener lectura del sistema con un buen manejo de las bases de datos aportadas por el sistema SUBE.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sistema de Control de Gestión

Controlar es mantener el comportamiento de los factores vitales dentro de un rango determinado, de un proceso durante un periodo establecido, incluyendo los rangos de variación tolerable, establecidos para cumplir tanto los niveles estratégicos como los niveles operativos, asociados directamente a los objetivos fijados en la fase de planeación. Además, se debe tener en cuenta que el control de gestión se concibe sobre un proceso en funcionamiento y se basa en la continua conversión de información clave en acción proactiva, a través de una toma efectiva de decisiones. Por lo tanto, es necesario contar con información administrable, que permita su análisis ágil, es precisamente este tipo de información la que está contenida en el sistema SUBE lo que posteriormente se puede convertir en unos indicadores de gestión.

Para lograr una gestión eficaz y eficiente es conveniente diseñar un sistema de control de gestión que soporte la administración y le permita evaluar el desempeño de los procesos [3] Si bien la teoría esbozada está vista desde el punto de vista de la gestión de una empresa, la administración de un sistema de transporte, el cual es un servicio público prestado por empresas privadas, pero planificado, regulado y controlado por el estado municipal, debe necesariamente contar con un control de gestión que permita evaluar el desempeño y tomar decisiones tendientes a mejorar las condiciones de prestación del servicio. Es por ello que la generación de indicadores de gestión mediante los datos aportados por el sistema SUBE tienen singular importancia.

2.2 Indicadores de gestión

Un indicador es una magnitud utilizada para medir o comparar los resultados obtenidos durante la elaboración de un estudio, proyecto o actividad, es importante aclarar la diferencia entre indicadores y datos o variables observadas, éstos últimos, se refieren a hechos, eventos, transacciones, etc. y se convierte en indicador cuando es establecida la evaluación de un fenómeno. Es la entrada sin procesar de la cual se produce la información. En cambio, Información se refiere a los datos que han sido procesados y comunicados de tal manera que pueden ser entendidos e interpretados por el receptor.

La base del indicador parte de un dato registrado comparado con una magnitud con un patrón preestablecido según Beltrán (1999) [3], aunque existe la tendencia de “medir todo” con el fin de eliminar la incertidumbre, o, por lo menos de reducirla a su mínima expresión, la clave consiste en elegir las variables críticas para el éxito del proceso y para ello es necesario seleccionar la más conveniente y asegurar que esta última resuma lo mejor posible la actividad que se lleva a cabo en cada área funcional, los indicadores por sí mismos no representan un objetivo, sino que constituyen una herramienta para evaluar la gestión y deben ser lo suficientemente precisos para efectuar un seguimiento de los aspectos más importantes del programa, servicio u organización que serán analizados, por lo tanto, los indicadores son un medio y no un fin en sí mismos.

2.3 El Sistema SUBE

El Sistema Único de Boleto Electrónico (**Decreto N°84/2009**) surge en Argentina como la respuesta a necesidades del Estado Nacional en cuanto a su rol de autoridad de aplicación del sistema en el ámbito del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires) y mediante un sistema electrónico de boletos contar con información estadística sobre movilidad del sistema de transporte, control de calidad de los servicios y fiscalización del sistema de transporte especialmente de los subsidios vinculados a cupos de Gasoil y kilómetros recorridos por las unidades, con el objetivo primordial de facilitar a los ciudadanos el acceso al sistema de transporte público de pasajeros urbano y suburbano. En diciembre de 2014 el Ministerio del Interior y Transporte dictó la Resolución **N° 1535** donde estableciendo en su artículo 1° que las provincias y municipios en cuya jurisdicción operen empresas destinatarias de la compensación complementaria provincial (**CCP**), conforme a lo dispuesto en el artículo 3° del Decreto **N° 98/07**, que prestan servicios urbanos y suburbanos de transporte público automotor de pasajeros en las ciudades capitales de provincia y/o en aquellas ciudades que cuenten con una población que supere 200.000 habitantes. El sistema SUBE es administrado por el Banco Nación a través de una de sus subsidiarias, Nación Servicios S.A. (**NSSA**) cuenta con un sistema de procesamiento central o **Back Office** encargado de recibir, procesar y liquidar las transacciones de uso y carga.

2.3.1 El sistema de Back Office

es el encargado de concentrar, procesar y almacenar todos los datos e información generada en la operación diaria de los sistemas de transporte de todas las jurisdicciones que cuenten con el sistema. Estos datos e información se basan principalmente en transacciones económicas, operativas y técnicas que luego resultan en liquidación a los operadores de venta y carga, empresas de transporte, centros de distribución, etc. Además, **NSSA** se encarga de la actualización y gestión de las cuentas o usuarios vinculados a cada tarjeta **SUBE** y centraliza el manejo, administración y distribución de todos los parámetros de configuración, reglas de negocio (en cuadros tarifarios con franquicias locales de cada sistema), reglas de integración o trasbordo de líneas. Toda esta información es concentrada a través de formularios preestablecidos que cada jurisdicción envía primeramente a ser aprobados por la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (**CNRT**) y luego es formateada por **NSSA** para, por último, ser difundida a través de los concentradores de garaje a los validadores embarcados en cada colectivo

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 Ubicación Geográfica y Descripción del Área Metropolitana de Paraná

La Capital de la Provincia de Entre Ríos, se encuentra ubicada sobre la margen izquierda del Río Paraná, en la Mesopotamia Argentina, limita al Norte y Oeste con el Río Paraná, al sur con el municipio de Oro Verde y al este con el municipio de San Benito, Posee una superficie de 4.974 km². Pero el área metropolitana está compuesta por varias localidades, como se observa en la Figura 1. A continuación hacen una diferenciación de los demás municipios que la conforman; **San Benito**, localidad ubicada a 12 km de la ciudad de Paraná, es una localidad suburbana con características residenciales, las vías de ingreso son la RN N° 18 y la RN N° 12. **Colonia Avellaneda**, localidad vecina a San Benito, a 15 km de la ciudad capital hacia el noroccidente, se conecta con la misma a través de la RN N° 18, la superficie urbana representa entre un 10 y 15% de la superficie total, incrementándose en el último lustro por la creciente radicación de habitantes que tienen sus actividades diarias en la ciudad de Paraná, dicha ciudad funciona como conurbación residencial de la ciudad de Paraná. **Sauce Montrull**, ciudad vecina de Colonia Avellaneda y San Benito. Su población se encuentra sobre las RN N° 12 y 18, el área es netamente residencial. Por último, la ciudad de **Oro Verde**, localidad 10 km al sur, se puede acceder transitando la RP N° 11 desde y hacia Paraná, el ejido municipal cuenta con mayor equipamiento urbano que sus vecinas localidades como San Benito y Colonia Avellaneda, alberga también sedes universitarias, centros médicos de alta complejidad, entre otras, lo que se convierten en atractores de viaje adicionales a los requeridos por las localidades más residenciales.



Figura 1 – Imagen satelital del Área Metropolitana de la Ciudad de Paraná - Fuente: Google Maps

3.1.1. Población del área metropolitana

En virtud que el último censo poblacional oficial fue realizado en el año 2010 arrojaba una población estimada de **264.076**, se estimó el crecimiento poblacional con base a un estudio de las consultaras INCOCIV y CEAMSE, que arrojaron resultados más cercanos a la población actual, cercana a los **286.218** habitantes en toda la zona conurbada del área metropolitana de Paraná, la diferencia entre el último censo y nuevo valor es justificado, debido al auge inmobiliario en los municipios cercanos a la ciudad en la última década. [4]

3.2. Caracterización del sistema de transporte público por colectivos del área metropolitana de Paraná

La actual fisonomía y regulación del sistema de transporte público urbano por colectivos del Área metropolitana de Paraná corresponde con los cambios ejecutados en la última licitación del sistema formalizada por la **Ordenanza Nº 9546** sancionada en enero de **2017** y aplicada en julio de 2018. Los servicios los brindan las empresas **Mariano Moreno y ERSa Urbano** agrupadas en **ATUP**. Estas empresas cubren la demanda del transporte urbano de pasajeros en toda el área metropolitana de la Ciudad de Paraná. La Autoridad de Aplicación del **TUP** (Transporte Urbano Público) es la Municipalidad de Paraná, la cual establece los parámetros básicos como son condiciones de calidad de servicio, tarifa, las zonas a cubrir, entre otros.

3.2.1. Oferta del actual servicio

Actualmente los prestatarios del servicio de **TUP** de la Ciudad de Paraná son: **ERSA URBANO S.A** y **TRANSPORTE MARIANO MORENO S.R.L.** La participación de cada una de ellas es de 107 (56%) y 83 (44%) unidades respectivamente.

La oferta actual se puede dividir en dos grandes grupos:

Líneas que operan dentro del ejido urbano: Con 12 líneas y 3 ramales

Líneas que operan en el área metropolitana: Con 9 líneas y 3 ramales cubren las localidades aledañas de Colonia Avellaneda, Sauce Montrull, San Benito, Oro Verde y Fontana (ver Figura 2). En las tablas 3 y 4 se encuentran la descripción de recorridos de líneas urbanas y metropolitana respectivamente, como también los extremos de los recorridos, el total de los kilómetros recorridos en cada uno de los viajes de cada línea.

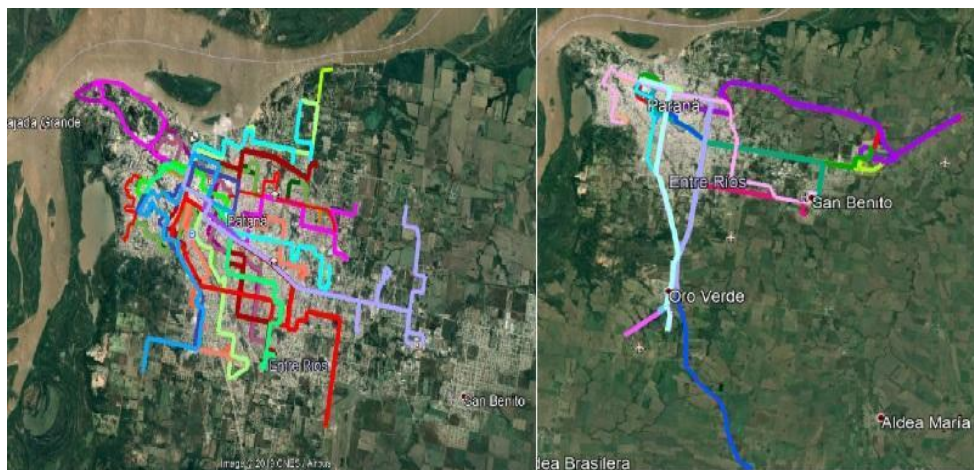


Figura 2 - Red operante dentro del ejido de Paraná Vrs. Líneas que operan el área Metropolitana – Fuente: ERSA Urbano SA- Google Maps

Tabla 3 - descripción de recorridos de Líneas Urbanas Paraná

Línea	Empresa prestataria	Extremos de recorrido	Longitud
1A	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Quinquela Martín y Alfonsina Storni - J. Rondeau y J. M. Jozami	33,1km
1B	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Quinquela Martín y Alfonsina Storni - Toma Vieja	34,1km
3	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Luis L. Palma y Los Chanas - Fraternidad y Sosa Loyola	21,3km
5A	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Calle 1508 y Calle 1583 - Av. Estrada y Croacia	27km
5B	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Club Belgrano (Bazán y Bustos)- Av. Estrada y Croacia	29,1km
10	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Av. Jorge Newbery y División de Los Andes - Laprida y Córdoba	17,2km
11	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Av. Jorge Newbery y División de Los Andes - Barrio La Milagrosa	29,7km
23	ERSA Urbano S.A. - ATUP	Fraternidad y Pedro Londero - Laprida y Córdoba	40,7km
2	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Villa Hernandarias y Las Garzas - A. Osinalde y Río Seco	22,2km
7	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Luis L. Palma y Los Chanas - Av. José Hernández y Av. Alte. Brown	27,3km
8	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Villa Hernandarias y Las Garzas - Acebal y Segundo Sombra	21,4km
9	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Hogar Divina Providencia - Av. Ramírez y Av. Alte. Brown	28,5km
14A	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Aeropuerto - Laprida y Córdoba	26,2km
14B	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Aeropuerto - Laprida y Córdoba	23,4km
16	Transporte Mariano Moreno S.R.L. - ATUP	Villa Hernandarias y Las Garzas - Felipe Aldama y Dr. Ferreyra Bertozzi	26,3km

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 – descripción de recorridos de Líneas Metropolitanas

Línea	Empresa prestataria	Extremos de recorrido	Longitud
4	ERSA Urbano S.A.	Bv. Basavilbaso y Santa Fe (San Benito) - Laprida y Córdoba (Paraná)	32,3km
6	ERSA Urbano S.A.	Ciudad Universitaria (Oro Verde) - Laprida y Córdoba (Paraná)	28,9km
12	ERSA Urbano S.A.	Ciudad Universitaria (Oro Verde) - Laprida y Santa Fe (Paraná)	31,2km
15 A	ERSA Urbano S.A.	Escuela Alberdi (Oro Verde) - Laprida y Santa Fe (Paraná)	31,7km
15 B	ERSA Urbano S.A.	I.N.T.A. (Oro Verde)- Laprida y Santa Fe (Paraná)	32,4km
20	ERSA Urbano S.A.	Bv. Basavilbaso y Santa Fe (San Benito) - Monseñor D'Andrea y Eva Perón (Paraná)	41,1km
22 A	ERSA Urbano S.A.	Convención Constituyente y Santos Tala (Colonia Avellaneda) - Laprida y Córdoba (Paraná)	34,8km
22 B	ERSA Urbano S.A.	Bv. Basavilbaso y Santa Fe (San Benito) - Laprida y Córdoba (Paraná)	31,5km
22 C	ERSA Urbano S.A.	Convención Constituyente y Santos Tala (Colonia Avellaneda) - Laprida y Córdoba (Paraná)	31,9km
24	ERSA Urbano S.A.	Villa Fontana - Laprida y Córdoba (Paraná)	47,9km
AM	ERSA Urbano S.A.	Ciudad Universitaria (Oro Verde) - Convención Constituyente y Santos Tala (Colonia Avellaneda)	38,6km
AN	ERSA Urbano S.A.	Sauce Montrull - Laprida y Santa Fe (Paraná)	55,3km

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Información relevada por sistema SUBE

habitualmente llega al municipio el primer día hábil de cada mes y como el título lo indica, es la base transacciones realizadas durante un periodo mensual con un corte aleatorio de al menos una semana anterior a la entrega del paquete de datos.

Los datos relevantes que se obtienen de cada transacción que se utilizarán para esta investigación son los siguientes:

Número de Tarjeta: siendo posible estudiar el patrón de comportamiento a nivel individual

Código de Contrato: indicando si se trata de la tarifa plana, o de los distintos atributos explicados en el apartado de régimen tarifario.

ID de Línea e Interno: referenciando específicamente el móvil en servicio.

Monto, Valor de Tarifa y Descuento: expresados en unidades monetarias.

Fecha y Hora de transacción: serie de tiempo.

3.4 Selección de Indicadores

ÍNDICE EVOLUCIÓN DE PASAJEROS MENSUAL (IPAX)		ÍNDICE EVOLUCIÓN DE KILÓMETROS MENSUAL (IKM)		ÍNDICE DE PASAJEROS CON TARIFA PREFERENCIAL NACIONAL (ATS Nac)	
Definición	Es la suma total de los pasajeros transportados que pagaron tarifa o	Definición	Es la suma total de los kilómetros producidos durante un mes calendario.	Definición	indica la proporción de pasajeros que accedieron al sistema

	registraron su viaje mediante boleto electrónico durante un mes calendario.				abonando con tarifa preferencial o descuento de origen nacional.
--	---	--	--	--	--

ÍNDICE DE PASAJERO POR KILÓMETRO (IPK)		ÍNDICE DE RECAUDACIÓN POR KILÓMETRO (RPK)		ÍNDICE DE PAX CON TARIFA PREFERENCIAL LOCAL (AT Loc)	
Definición	Es la razón entre pasajeros transportados y la sumatoria de km recorridos.	Definición	Es la razón entre la recaudación total y la sumatoria de km recorridos.	Definición	indica la proporción de pasajeros que accedieron al sistema abonando con tarifa preferencial o descuento de origen local o municipal.

ÍNDICE DE TARIFA MEDIA (ITM)		ÍNDICE RENDIMIENTO TARIFARIO (IRT)		ÍNDICE DE DEMANDA CAPACIDAD EN HORA PICO (IDC)	
Definición	Tarifa equivalente que pagarían todos los Usuarios de existir un solo valor en el cuadro tarifario.	Definición	Relación entre la Tarifa Media y la Tarifa Plana	Definición	Relación entre la demanda de hora pico promedio en día hábil y la capacidad media estimada de transporte.

3.5 Cálculo de Indicadores

Para el cálculo de cada uno de los indicadores es necesario un conjunto de ecuaciones en el caso del indicador (**IPAX**) se utiliza la ecuación (1). Donde (**PAX**, representa el número de pasajeros)

$$IPAX_{(mes\ b)} = \sum \frac{PAX_{mes\ b, año\ b} - PAX_{mes\ a, año\ a}}{PAX_{mes\ a, año\ a}} \quad (1)$$

Para el cálculo de la serie del **indicie IKM**, se utiliza la ecuación (2), la cual donde **KM**, representa los kilómetros recorridos, cuyo dato viene dados por las Tablas 1 y 2.

$$IKM_{(mes\ b)} = \sum \frac{KM_{mes\ b, año\ b} - KM_{mes\ a, año\ a}}{KM_{mes\ a, año\ a}} \quad (2)$$

La serie del cálculo del **indicie IPK**, se utiliza la ecuación (3), donde se deben incluir el acumulado de los pasajeros transportados versus La sumatoria de los kilómetros recorridos totales

$$IPK = \frac{\Sigma \text{Pasajeros transportados}}{\Sigma \text{km recorridos}} \quad (3)$$

El **indicador RPK**, queda establecido como lo indica la ecuación (4), como la sumatoria de la recaudación total, contra el total de los kilómetros recorridos.

$$RPK = \frac{\Sigma \text{Recaudacion Total}}{\Sigma \text{km recorridos}} \quad (4)$$

En ese orden de ideas el **indicie ITM**, como lo muestra en la ecuación (5), es la sumatoria de monto recaudado total, contra los pasajeros totales transportados

$$ITM = \frac{\Sigma \text{Monto recaudado por tarifas}}{\Sigma \text{Pasajeros transportados}} \quad (5)$$

Para el cálculo de la serie del cálculo del **indicie IKM**, se utiliza la ecuación (6), la cual donde **KM**, representa los kilómetros recorridos, cuyo dato viene dados por las Tablas 1 y 2.

$$IRT = \frac{ITM}{\text{Valor de Tarifa Plana}} \quad (6)$$

Para el cálculo de la serie del cálculo del **indicador ATS Nac**, se utiliza la ecuación (7), donde la sumatoria de pasajeros según el código de contrato 621 hace referencia al atributo de descuento Nacional, utilizado bajo la jurisdicción municipal.

$$ATS \text{ Nac} = \frac{\Sigma \text{Pasajeros Cod. Contrato 621}}{\Sigma \text{Pasajeros Totales}} \quad (7)$$

De igual manera existen atributos del tipo municipal, con son parte de las políticas públicas del municipio, para incluir o sumar personas al sistema de transporte público, por eso existe un indicador que marca la diferencia de los atributos dados a los usuarios, por el municipio, diferentes al atributo nacional, para calcular **AT Loc**, se utiliza la ecuación (8), la cual tiene en cuenta los pasajeros que cuentan con un código de contrato de descuento local, en comparación con lo la sumatoria total del pasajeros del sistema.

$$AT \text{ Loc} = \frac{\Sigma \text{Pasajeros Cod. Contratos con Descuento Local}}{\Sigma \text{Pasajeros Totales}} \quad (8)$$

Por último, el **índice IDC** debe ser calcula sobre la demanda máxima y la frecuencia hora, como lo indica la ecuación (9), es importante señalar que éste índice solo puede calcularse mes a mes, y compáralo entre ellos.

$$IDC = \frac{\text{Demanda de hora pico} / 75}{\text{Dotacion Horaria}} \quad (9)$$

3.6 Resultados

Tabla 5. Resultados de los indicadores propuestos y tendencias Periodo (2018-2019)

MES-AÑO	PAX	KM	TARIFA PLANA	RECAUDACION	RECAUDACION x ATS	IPAX	IKM
ene-18	1.515.491,0	882.570,4	8,75	10.528.243,92	1.686.123,24		
feb-18	1.727.301,0	858.759,7	8,75	11.572.664,82	1.790.331,21		
mar-18	2.522.643,0	968.514,4	8,75	15.275.968,79	2.362.384,50		
abr-18	2.556.549,0	937.153,7	8,75	13.411.267,25	2.135.827,06		
may-18	2.588.614,0	969.303,4	8,75	13.121.524,47	2.092.957,41		
jun-18	2.464.798,0	920.317,6	13,50	12.131.677,74	1.968.854,41		
jul-18	2.062.607,0	1.111.055,9	13,50	14.985.157,82	2.493.305,54		
ago-18	2.602.319,0	1.215.200,1	13,50	18.095.613,69	3.039.976,19		
sep-18	2.379.046,0	1.071.034,5	13,50	16.563.782,29	2.846.135,20		
oct-18	2.568.571,0	1.094.200,0	14,85	20.109.899,86	4.295.300,06		
nov-18	2.427.434,0	1.075.129,3	14,85	19.214.768,17	4.128.007,99		
dic-18	2.042.545,0	1.008.399,1	14,85	17.887.944,13	4.000.895,81		
ene-19	1.561.536,0	859.577,9	14,85	16.560.328,60	4.215.940,44	⇒ 3,04%	⇒ -2,61%
feb-19	1.665.361,0	720.354,6	14,85	17.700.331,66	5.048.731,79	⇒ -3,59%	↓ -16,12%
mar-19	2.260.095,0	951.687,2	14,85	21.443.272,49	5.105.345,37	↓ -10,41%	⇒ -1,74%
abr-19	2.187.024,0	921.481,9	22,8	21.462.081,18	6.202.572,46	↓ -14,45%	⇒ -1,67%
may-19	2.435.772,0	961.419,3	22,8	25.483.466,15	5.843.227,69	↓ -5,90%	⇒ -0,81%
jun-19	2.166.807,0	907.489,7	22,8	23.346.502,62	4.829.844,61	↓ -12,09%	⇒ -1,39%
jul-19	1.579.141,0	702.438,4	22,8	18.698.728,78	4.829.844,61	↓ -23,44%	↓ -36,78%
ago-19	1.151.072,0	475.532,0	29,0	14.444.839,15	3.721.451,52	↓ -55,77%	↓ -60,87%
sep-19	2.023.945,0	842.023,2	29,0	26.802.949,73	6.891.267,75	↓ -14,93%	↓ -21,38%
oct-19	1.998.309,0	885.273,9	29,0	26.863.720,85	6.814.521,65	↓ -22,20%	↓ -19,09%
nov-19	2.108.931,0	865.146,5	29,0	28.156.298,35	6.784.633,74	↓ -13,12%	↓ -19,53%
dic-19	1.725.341,0	830.178,0	29,0	25.267.202,16	6.248.925,94	↓ -15,53%	↓ -17,67%

Tabla 6. Resultados de los indicadores propuestos y tendencias Periodo (2018-2019)

MES-AÑO	IPK	IPK (i)	RPK (Tarifa)	ITM	IRT	ATS Nac	AT Loc	T Plana
ene-18	1,717		11,93	8,06	● 92,1%	25,5%	12,6%	61,9%
feb-18	2,011		13,48	7,74	● 88,4%	22,4%	11,1%	66,6%
mar-18	2,605		15,77	6,99	● 79,9%	15,3%	7,6%	77,1%
abr-18	2,728		14,31	6,08	● 69,5%	15,1%	7,5%	77,4%
may-18	2,671		13,54	5,88	● 67,2%	14,9%	7,4%	77,7%
jun-18	2,678		13,18	5,72	● 42,4%	15,7%	7,8%	76,6%
jul-18	1,856		13,49	8,47	● 62,8%	18,7%	9,3%	72,0%
ago-18	2,141		14,89	8,12	● 60,2%	14,9%	7,3%	77,8%
sep-18	2,221		15,47	8,16	● 60,4%	16,2%	8,0%	75,7%
oct-18	2,347		18,38	9,50	● 64,0%	15,0%	7,4%	77,5%
nov-18	2,258		17,87	9,62	● 64,8%	15,9%	7,9%	76,2%
dic-18	2,026		17,74	10,72	● 72,2%	18,9%	9,4%	71,7%
ene-19	1,817	↑ 5,79%	19,27	13,31	● 89,6%	35,4%	10,6%	54,0%
feb-19	2,312	↑ 14,94%	24,57	13,66	● 92,0%	33,2%	10,0%	56,8%
mar-19	2,375	↓ -8,82%	22,53	11,75	● 79,1%	24,5%	7,3%	68,2%
abr-19	2,373	↓ -13,00%	23,29	12,65	● 55,5%	25,3%	7,6%	67,1%
may-19	2,534	↓ -5,13%	26,51	12,86	● 56,4%	22,7%	6,8%	70,5%
jun-19	2,388	↓ -10,85%	25,73	13,00	● 57,0%	25,5%	7,7%	66,8%
jul-19	2,248	↑ 21,10%	26,62	14,90	● 65,3%	35,0%	10,5%	54,5%
ago-19	2,421	↑ 13,03%	30,38	15,78	● 54,4%	48,0%	14,4%	37,5%
sep-19	2,404	↑ 8,21%	31,83	16,65	● 57,4%	27,3%	8,2%	64,5%
oct-19	2,257	⇒ -3,84%	30,35	16,85	● 58,1%	27,7%	8,3%	64,0%
nov-19	2,438	↑ 7,97%	32,55	16,57	● 57,1%	26,2%	7,9%	65,9%
dic-19	2,078	⇒ 2,60%	30,44	18,27	● 63,0%	32,1%	9,6%	58,3%

Fuente propias



Figura 3 – Evolución de pasajeros- kilómetros fuente: propia

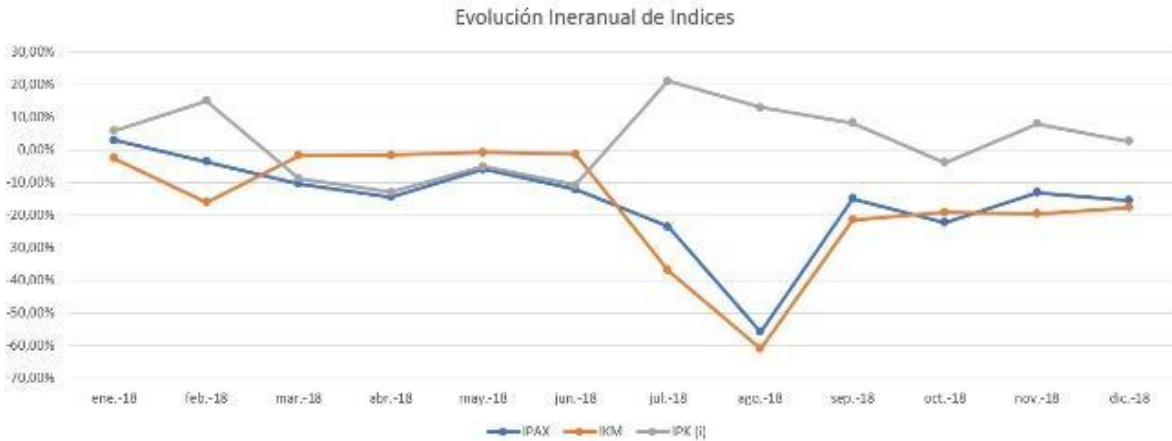


Figura 4– Evolución Ineranual de Índices IPAX IKM IPK fuente: propia

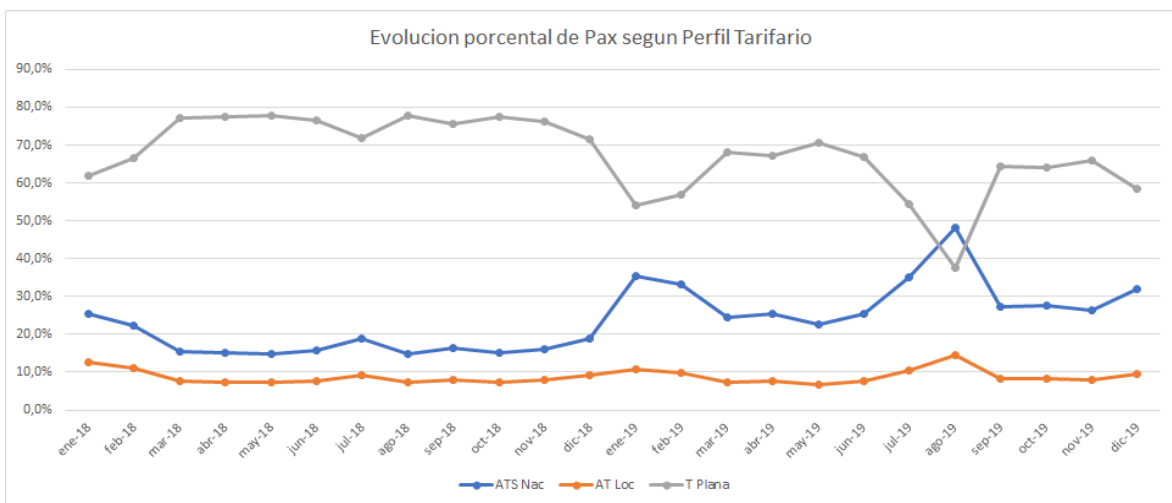


Figura 5 – Evolución porcentual de Pasajeros según perfil tarifario fuente: propia

Comparación del **IDC** entre Los meses de mayo y Julio 2019, como se muestra en las gráficas a continuación, las dinámicas son propias y dadas por las características de cada mes, y la comparación se realiza día a día. Comparando la oferta del sistema del transporte en línea azul versus, la demanda en color naranja, donde se puede observar que la oferta es mayor a la demanda en el sistema.

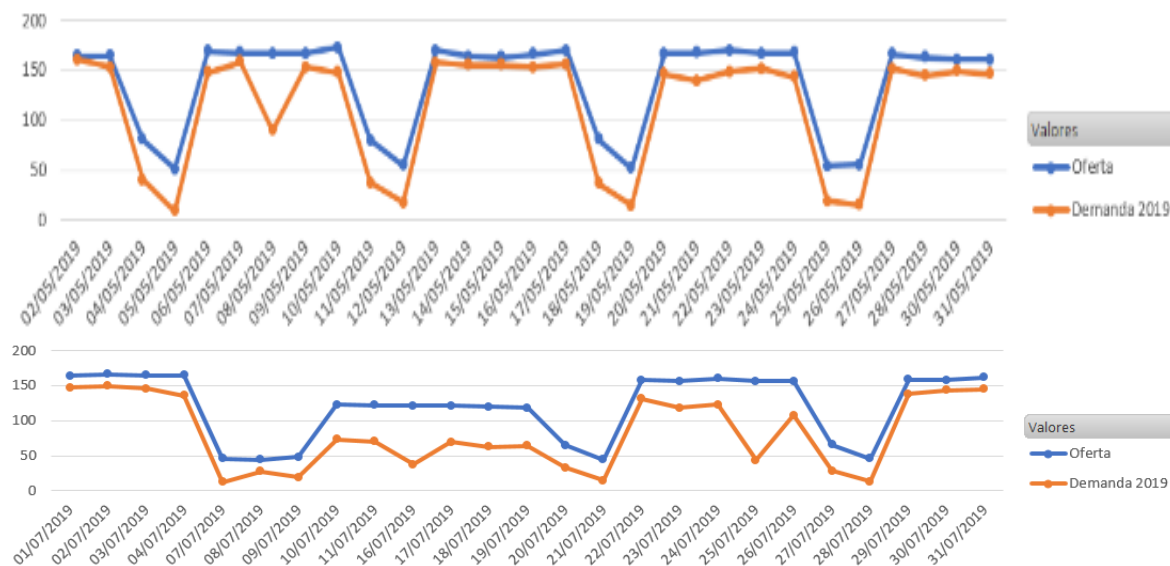


Figura 6 – Evolución mensual IDC, oferta y demanda. fuente: propia

4. CONCLUSIONES

En función de los análisis de datos e indicadores anteriormente desarrollados se puede concluir que en general que los datos generados por el sistema de transporte público de la ciudad de Paraná a través del sistema SUBE, posibilitan la realización de indicadores robustos que permiten un adecuado monitoreo del sistema global, no obstante, es importante destacar que, debido a desactualización de información en dicho sistema, no es posible analizarlos desagregados línea por línea de transporte.

Conforme a la información de los indicadores diseñados, se puede concluir que:

- En relación a Pasajeros transportados y kilómetros recorridos se puede concluir que las tendencias, de ambos indicadores en los últimos dos años, son negativas, donde se observa la notoria pérdida de pasajeros transportados en relación a los kilómetros recorridos.
- Si se observa la evolución del **IPAX** con una caída promedio en los últimos 6 meses del año 2019 del 24,16% de pasajeros transportados y del **IKM** con una pérdida en el mismo periodo de 29,22% es posible decir que el sistema atraviesa por una importante crisis.
- En función al punto anterior y analizando las series temporales del indicador **IDC**, es posible atribuir la crisis a la pérdida de pasajeros transportados, en virtud que la serie temporal indica que para la hora pico, existía una remanente de capacidad para el transporte. Es importante aclarar que escapa a este estudio, entender por qué existe una caída en los pasajeros transportados.
- En relación al grupo de indicadores que trazan la evolución sobre la tarifa plana y tarifa media, se puede observar que, en los dos últimos aumentos tarifarios la brecha entre las mismas toma valores significativos, cercanos al 60% en promedio, como indica el **IRT**. esta situación permite concluir que los aumentos tarifarios referido no reflejaron mejoramientos en el financiamiento del sistema a través de la recaudación por tarifa
- En relación a los indicadores **ATS Nac y AT Loc** muestran que la evolución de los atributos nacionales, ha tenido una tendencia creciente, que comparada con la tendencia decreciente de los usuarios que pagan Tarifa Plana, permite concluir que se ha generado importante transferencia de usuarios con Tarifa Plana a usuarios con tarifas de beneficios nacionales. Sin embargo, la tendencia de los pasajeros con atributos locales, se observa estable en su proporción en el tiempo.

Se concluye que el manejo de información y la robustez del volumen de datos, permite tener un diagnóstico certero la evolución temporal del sistema, a su vez tener la capacidad de leer dichas variaciones constituyen una herramienta poderosa, tanto desde el punto de vista de la investigación operativa, como también desde la inclusión de este tipo de herramientas en el proceso formativo de los estudiantes e investigadores.

5. REFERENCIAS

- [1] [Prado Lorenzo, José Manuel](#); García Sánchez. [Isabel María](#) (2004) Los indicadores de gestión en el ámbito municipal Implantación, Evolución y Tendencias. ISSN 1696-294X, [Vol. 2](#)
- [2] Izquierdo, Rafael; (1994). "Transporte un enfoque integral". Servicio de Publicaciones, Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos. Madrid, Reino de España.

- [3] Beltrán Jaramillo y Jesús Mauricio. (1999). "Indicadores de Gestión, Herramientas para lograr la competitividad". Primera Edición. 3R Editores. Bogotá, Colombia
- [4] INCOCIV y CEAMSE, Consultoras, "Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos", 2014. Banco Mundial. Ciudad de Paraná Argentina

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos, por la financiación de proyectos de Investigación y fomentar el programa en Ingeniería en Transporte, estando a la vanguardia de las necesidades de la sociedad. Y La municipalidad de la Ciudad de Paraná, para facilitar al acceso de los datos de SUBE de su jurisdicción.

Problemática de la generación de Información en el Análisis de Redes Sociales

Dos Reis, María Rosa*; Bueno, Moisés Evaristo; Xodo, Daniel Hugo⁽¹⁾

Facultad de Cs. Exactas, INTIA - Facultad de Cs. Económicas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Paraje Arroyo Seco S/N- CP7000 - Tandil.

mrosadosreis@gmail.com moisesbueno@gmail.com

*(1) Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional
Racedo 298 – CP6400 - Trenque Lauquen
daniel.xodo@gmail.com*

RESUMEN.

El contexto actual presenta un desafío a la hora de crear y formular modelos que analicen y brinden conocimiento en la utilización de las redes sociales en ayuda social. Mediante el análisis de relaciones de los diferentes actores, se espera modelar y clarificar el comportamiento y vínculos de los mismos utilizando herramientas de análisis de redes.

Se hace sumamente difícil en estas circunstancias, entender los indicadores de medición asociados, tales como grado nodal, centralidad, vínculos fuertes y débiles, entre otros, que explican el comportamiento de la red y sus actores; en especial al analizar las acciones de organizaciones no gubernamentales (ONGs) con sus beneficiarios, con otras instituciones o bien con sus donantes.

La principal dificultad radica en el desarrollo de un modelo, actualmente 'en proceso'. Los datos se obtienen en forma 'on-line', la fuente de información primaria utilizada es la plataforma AYUDARG, servicio ofrecido por la Asociación Civil Proyecto Koinonía, la cual establece un 'puente' entre oferta y demanda de recursos con el objeto de cubrir necesidades no satisfechas en sectores vulnerables. En los avances realizados hasta el momento, se ha desarrollado un prototipo de obtención de información en dos formatos distintos de archivos para ser procesados, uno para software libre específico y el otro de texto separados por pipeline, para uso general. A priori, se observan comportamientos con fuerte relación al contexto pandemia y se hace difícil establecer la implicancia real en el modelo.

Palabras Claves: redes sociales, métricas, ONGs, recursos, solidaridad

ABSTRACT

The current context presents a challenge when creating and formulating models that analyze and provide knowledge in the use of social networks in social assistance. Through the analysis of relationships of the different actors, it is expected to model and clarify their behavior and links using network analysis tools.

It is extremely difficult in these circumstances to understand the associated measurement indicators, such as nodal degree, centrality, strong and weak links, among others, that explain the behavior of the network and its actors; especially when analyzing the actions of NGOs with their beneficiaries, with other institutions or with their donors.

The main difficulty lies in the development of a model, currently 'in process'. The data is obtained 'on-line', the primary information source used is the AYUDARG platform, a service offered by the Asociación Civil Proyecto Koinonía, which establishes a 'bridge' between supply and demand of resources in order to cover unmet needs in vulnerable sectors.

In the advances made to date, a prototype has been developed for obtaining information in two different file formats to be processed, one for specific free software and the other for text separated by pipeline, for general use. A priori, behaviors strongly related to the pandemic context are observed and it is difficult to establish the real implication in the model.

Keywords: social networks, metrics, NGOs, resources, solidarity

1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación inter-institucional denominado “Ingeniería del Conocimiento en la Acción Social. Detección y evaluación de vínculos en redes sociales” de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (UTN FRTL) en colaboración con la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), a través del proyecto de investigación: “Análisis y elaboración de datos para el desarrollo de indicadores de ayuda social”, perteneciente al Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA).

En la República Argentina existen alrededor de 20.000 organizaciones de ayuda social registradas según datos oficiales [1]. Alrededor del 40% de ellas dedican su labor a las áreas Social/Humana y Salud, obteniendo recursos (frecuentemente alimentos, ropa, remedios) o servicios a través de donaciones y asignándolos según prioridades establecidas o surgidas eventualmente [2].

Las acciones operativas alrededor de las donaciones generalmente consisten en recibirlas centralizadamente por alguna institución y luego repartirlas entre sus propios beneficiarios o con otras organizaciones de sus redes de pertenencia. La frecuencia que es habitualmente establecida entre donantes, organizaciones y receptores genera vínculos que pueden ser analizados como una red amplia que permite resolver necesidades con frecuencia acuciantes, pero que generalmente presenta ineficiencias propias de las formas de comunicación y operación de la ONG (obtención de recursos, almacenaje, asignación, distribución, etc.).

Los procesos vinculan distintos tipos de recursos, fuentes y destinos, y aun cuando existe un grado de frecuencia y continuidad en los mismos, las modificaciones de la realidad social y económica, como así también las elementales formas de comunicación y operación, dificultan las posibilidades de obtener y elaborar datos que permitan el pronóstico, la anticipación y optimización de relaciones entre los ofrecimientos y la demanda de recursos de ayuda social.

El mencionado proyecto propone utilizar el análisis de redes sociales (ARS o en inglés SNA) para proporcionar conocimiento a la gestión de las mismas a través de los procesos implementados desde la ONG Asociación Civil Proyecto Koinonía (Resolución DPPJ: 010248). La misma tiene como misión promover y contribuir a la colaboración y participación solidaria entre los distintos sectores de la sociedad por medio del uso de las TICs. Del trabajo conjunto con la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN, y la participación en investigación de UTN Facultad Regional Trenque Lauquen, se han venido desarrollando en los últimos años, por medio de acuerdos marcos de colaboración entre las partes, las herramientas tecnológicas que se están comenzando a implementar en la comunidad regional.

Proyecto Koinonía, como institución proveedora de servicios tecnológicos, participa activamente en espacios de investigación y desarrollo que promuevan el desarrollo y fortalecimiento de las redes de conocimiento, aportando su *expertise* en el tercer sector.

La necesidad principal que surge en la implementación de los diferentes servicios brindados a la comunidad, es la articulación entre los diversos sub-proyectos y la integración multiactoral e interdisciplinaria de las partes que conforman Proyecto Koinonía. Parte de esta integración consiste en la confluencia de docencia, investigación, extensión y/o vinculación con transferencia tecnológica en el marco de un programa o proyecto de Extensión Universitaria.

El servicio primordial lo constituye AYUDARG, una plataforma web que vincula la oferta y demanda de recursos. Esta herramienta tecnológica permite que las organizaciones sociales creen sus propios proyectos los cuales constituyen el marco de la demanda de bienes y servicios (por ejemplo, horas de voluntariado), y facilita el desarrollo de la red social entre diferentes actores de la comunidad de los tres sectores, con el objeto de atender necesidades no satisfechas en sectores vulnerables.

Diversas organizaciones de la ciudad de Tandil y Trenque Lauquen están en proceso de incorporación a la red establecida por Koinonía, empezando a gestar acciones concretas de participación ciudadana e involucramiento en la acción social, en momentos cruciales donde priman los valores de cooperación y solidaridad para enfrentar las necesidades que quedaron al descubierto con la crisis sanitaria impuesta por la pandemia y las condiciones económicas imperantes.

Se puede vislumbrar un amplio horizonte de desarrollo en el tercer sector de la región que requiere acciones coordinadas de gestión e intercambio con las instituciones participantes de la red en gestación.

En las circunstancias actuales, la comprensión de los indicadores de medición asociados, tales como grado nodal, centralidad, vínculos fuertes y débiles, entre otros, que explican el comportamiento de la red y sus actores; en especial al analizar las acciones de ONGs con sus beneficiarios, con otras instituciones o bien con sus donantes; es un proceso sumamente complejo en términos metodológicos. La principal dificultad radica en el desarrollo de un modelo que refleje la caracterización de la red, dado el inusual comportamiento de la misma, sea por los picos de demanda en sus niveles de utilización, por la reconfiguración de su estructura, entre otras cuestiones.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo radica en describir las problemáticas y dificultades que han surgido en el análisis de la información, tanto a nivel operacional como transaccional de la red en sí misma, y vislumbrar soluciones que permitan prosperar en un efectivo análisis.

2. MARCO TEÓRICO.

“La Teoría y Análisis de Redes Sociales (SNA) ofrece un conjunto de métodos de análisis de las interacciones sociales de los seres humanos, que permiten de forma específica investigar las estructuras relacionales y la representación de éstas como redes. SNA proporciona tanto acceso a nuevo conocimiento como la representación de las estructuras relacionales y como éstas pueden ser consecuencia de la acción individual y colectiva” [3]

Actualmente, el Análisis de Redes sociales ha cobrado gran relevancia en diversos ámbitos de la actividad humana.

“El análisis de redes sociales es una metodología de investigación que ha venido cobrando gran importancia entre la comunidad académica, científica y de la sociedad civil, entre otros, por la posibilidad que ofrece de entender estructuras sociales que componen la sociedad. A partir de esta metodología, es posible comprender múltiples procesos sociales, económicos, empresariales, culturales, políticos, ambientales, comunitarios, etc.” [4]

“El SNA aporta al Trabajo Social la base estructural-relacional para trabajar con individuos, grupos, familias o comunidades basados en patrones de interacción social, traduciendo los conceptos de las Ciencias Sociales y del Trabajo Social al servicio del diagnóstico y la intervención en red.” [3]

El análisis de redes sociales implica un conjunto de técnicas de investigación que recurren a la topología, el análisis matricial, la estadística, el álgebra de conjuntos y que el desarrollo informático y computacional actual potencia para el logro de resultados eficientes en el trabajo de las organizaciones de ayuda social.

A partir de la propuesta de definición de métricas del capital social en redes de organizaciones no gubernamentales (ONGs) planteada por los autores en [5], se destaca la creación de valor en base a la posibilidad de medir la sinergia lograda en las acciones conjuntas y profundizar en el conocimiento generado en la red sustentándose en la Teoría de Redes y el establecimiento de métricas de calidad en las fuentes de información.

A través de la utilización de un software de análisis de redes puede ser realizado el análisis de las relaciones estructurales que permitan su evaluación y la gestión de modificaciones y mejoras. La teoría de matrices opera con esos datos y traslada las gráficas resultantes a métodos de cuantificación para su análisis y evaluación funcional de la red de ayuda social. Concurrentemente, la utilización de otras técnicas de Ingeniería del Conocimiento, Inteligencia Artificial y Análisis de Decisiones permitirán evaluar con mayor precisión el desempeño de la red.

Desde la perspectiva de la Gestión del Conocimiento, uno de los aspectos de mayor relevancia es el proceso de generación y adquisición de conocimientos. Uno de los pioneros de la Gestión del Conocimiento ha sido Nonaka [6], quien partiendo de la premisa clásica que considera el conocimiento como creencia justificada a través de la búsqueda de la verdad, desarrolló el enfoque y los esquemas que configuran el pensamiento dominante sobre el tema en la actualidad. En su desarrollo conceptual, Nonaka se apoyó además en las ideas generadas por Polanyi [7] sobre las dimensiones del conocimiento tácito y explícito.

La implementación de estrategias de desarrollo comunitario y logro de mayor eficiencia operativa requiere el análisis de la red social (ARS) mediante el conocimiento de las relaciones entre integrantes de la red cuando hablamos de las relaciones estamos haciendo alusión a la existencia de algún tipo de vínculo entre los actores. Las interacciones pueden reflejar filiaciones (pertenencia a la misma asociación), relaciones institucionales (firmar convenios colaborativos) e interacciones (intercambiar información). Cada relación nos ofrece un contexto relacional distinto con independencia de que la red esté formada por los mismos actores. Se deben evaluar distintos tipos de vínculos para adquirir una visión global del conjunto de conexiones que modelan la red.

Una red es definida como un conjunto particular de interrelaciones (linkeages) entre un conjunto limitado de individuos, con la propiedad adicional de que las características de esas interrelaciones, consideradas como una totalidad pueden ser utilizadas para interpretar el comportamiento social de las personas implicadas. Las estructuras sociales se disponen en diversas configuraciones, en las cuales el SNA puede dar cuenta al elaborar su morfología y topología específicas.

Es factible vincular dichos conceptos mediante la Teoría de Grafos, que expone que la red se constituye por nodos conectados por aristas, donde los nodos son los individuos y las aristas, las relaciones que les unen. La representación de la información correspondiente a los patrones de relaciones entre actores sociales se realiza generalmente mediante el uso de grafos, donde un grafo es una representación de un conjunto de objetos en el que los pares de objetos están conectados mediante relaciones entre ellos.

Además de la orientación del flujo, es posible cuantificar la intensidad relacional a través de la fortaleza del vínculo. Los actores son representados a través de nodos. Un actor puede ser un individuo o una organización. Las características de los actores son denominadas “atributos”.

Basándonos en los datos de los actores se puede elaborar una matriz de atributos donde representar sus características. “El tamaño, la antigüedad, el tipo de servicio que presta, la localización, el presupuesto son atributos relevantes para el funcionamiento de la coalición. Identificar los atributos es necesario para comprender las dinámicas internas de la red” [8].

Esto significa el conocimiento de los parámetros estructurales de la misma. Así por ejemplo es indispensable el conocimiento de su estructura y las características de centralidad, densidad, reciprocidad, cercanía, transitividad, homofilia, heterogeneidad, y otras métricas que permitan conocer su funcionamiento y realizar comparaciones a través del tiempo evaluando la coordinación y los flujos en la misma.

3. DESARROLLO.

A los efectos de trabajar operativamente en el análisis de la red social conformada por Proyecto Koinonía se evaluaron diferentes problemáticas, aún no resueltas definitivamente, que surgen de la generación y estructuración de los datos para su posterior análisis. Cada una de ellas descriptas en el siguiente apartado, dan lugar a las mejoras a incorporar en futuros desarrollos de la herramienta tecnológica AYUDARG.

3.1. Problemáticas.

-Regionalización: la problemática de regionalización se presenta en aquellos contextos donde existe un alcance geográfico diferente en el vínculo entre la oferta y la demanda de un determinado recurso. La estructuración de la información de registro de la ciudad de residencia de donantes y oferentes puede ser un indicio para potenciar su vinculación cuando hay coincidencia en dicho dato, pero esta situación no siempre es factible o conlleva a resultados de asignación lejanos a la situación óptima. Existen determinados recursos que por sus propias características y/o motivos de su requerimiento (por ejemplo, colchones para personas afectadas por una inundación en el litoral); requieren una cobertura más amplia y la posibilidad de apareamiento (*matching*) en un mayor alcance geográfico, para poder dar respuesta al requerimiento suscitado.

La problemática radica en establecer una región de encuentro entre oferentes y demandantes que equilibre y justifique los ‘costos’ de fletes y movimientos de recursos en relación al beneficio que se logra al satisfacer las necesidades de quienes lo demandan.

Existen desarrollos e investigaciones previas que han sido implementadas en la herramienta AYUDARG justamente para optimizar la logística y distribución de recursos entre sedes con diferentes distancias geográficas entre sí. Estas mejoras han implementado algoritmos genéticos para aportar diferentes soluciones ante situaciones específicas, por ejemplo, situaciones de catástrofes climáticas [9,10]. Sin embargo, la regionalización de la oferta y demanda a un nivel mayor de abstracción, incorporando la región de búsqueda posible de recursos ante una determinada demanda, es una mejora aún no implementada; y, por ende, deriva en dificultades a la hora de gestionar la información de la estructuración de la red.

-Trazabilidad de recursos: en el ámbito de las donaciones fundamentalmente, lograr la trazabilidad de las mismas desde origen a destino es de gran importancia para dar transparencia de lo actuado por las diferentes partes intervinientes en el proceso. En tal sentido se está desarrollando una aplicación móvil que mediante la lectura de código de barra o código QR a través de la cámara de los celulares; cualquiera de los actores (sea donante, institución receptora o ente intermediario) puede conocer el proceso de evolución del recurso.

Al utilizar la geo-referenciación del celular por medio de la aplicación móvil, o al considerar los domicilios de referencia de instituciones o usuarios de la aplicación; se produce el inconveniente de que se puede perder información real de trazabilidad, por ejemplo, la ubicación de los depósitos de las sedes, que no necesariamente coincide con la dirección registrada de la institución.

En determinados recursos la trazabilidad es de gran significancia para conocer la factibilidad de posibles contaminaciones en la manipulación y traslado, desde origen a destino, como por ejemplo los productos para celíacos. Así como también, se torna sumamente importante en aquellos bienes de uso con capacidad de reutilización, tales como sillas de ruedas, camas ortopédicas, entre otros.

-Temporalidad de los proyectos: en la estructuración de la información y modalidad de trabajo planteada por Proyecto Koinonía, las ONGs solicitan recursos a través de proyectos o campañas con cierta duración. Por otra parte, los donantes pueden participar con sus donaciones de esas campañas o bien donar recursos en general, que pueden o no estar asociados a esos proyectos. Ante esta situación, resulta necesario establecer con claridad las características del vínculo entre donante e institución, no es meramente el recurso donado; sino el momento en que se realiza la donación y claramente surge la necesidad de corroborar si se efectivizó la transacción en las condiciones pre-acordadas de la campaña.

-Importancia y permanencia de los vínculos: al analizar los vínculos entre los oferentes y demandantes de recursos surgen problemas para calificar y ponderar los vínculos existentes entre ellos. Además de la temporalidad, que puede ocultar o crear vínculos incorrectos como se mencionó, o la regionalización que, del mismo modo; puede ser discriminante y dejar vínculos fuera

de la órbita de análisis, lo cierto es que la fuerza y permanencia de los vínculos constituye una de las problemáticas de análisis más difícil de dimensionar y resolver.

-Demanda en contexto impredecible e imprevisible: en el contexto actual se hace sumamente difícil considerar datos relevados en años anteriores para realizar pronósticos de demanda de recursos. Por ejemplo, en el caso de los comedores la 'tasa de servicio' ha sufrido una variación incremental sustancial en este último tiempo. Además, se observan reconversiones en los servicios brindados, en muchos casos se armaron combinaciones que permitieron que otros usuarios se incorporen a la red para brindar servicios de apoyo en la logística y distribución.

-Adicionalmente a lo previamente expuesto, los datos provenientes de las bases de datos de AYUDARG no se encuentran en un formato compatible para ser procesados por softwares de análisis de redes y/o similar.

3.2. Estructuración de datos.

Como consecuencia de los aspectos mencionados en el apartado anterior, y a fin de facilitar el procesamiento de los datos, es de suma importancia atender a la problemática de estructurar la información de tal forma que se puedan optimizar los trabajos de logística en el tratamiento tanto de oferta como demanda de recursos.

Debido a que la principal fuente de información primaria es la herramienta AYUDARG, y como se destacó no es compatible con software de análisis de redes, fue necesario desarrollar una herramienta *on-line* que permita generar archivos de datos para ser importados por este tipo de software.

La herramienta desarrollada, como muestra la Figura 1, permite la conexión sólo a usuarios autorizados (analistas de redes) mediante un proceso de *login* ingresando usuario y clave. La solución intermedia propuesta permite habilitar el acceso a información estructurada sobre donantes, instituciones, recursos donados, momento de la donación, entre otros datos, los cuales son recuperados desde las bases de datos de AYUDARG. El Panel de control se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 1 Login

Panel de control

Desde aquí puede administrar las encuestas

Figura 2 Panel de Control

Además, como muestra la Figura 3, se procedió a habilitar la exportación de la información solicitada en dos formatos:

- Alternativa I: Archivo de texto separados por pipeline para poder ser importado o procesado por diversas herramientas de base de datos u hojas de cálculo.
- Alternativa II: Archivo de texto en formato compatible para ser utilizado por el software libre de análisis de redes PAJEK [11].

PAJEK

archivo creado: ACCEDER A NODOS_INSTITUCIONES_RECURSOS.PHP2020-08-2802-43-13.TXT
 archivo creado: ACCEDER A NODOS_INSTITUCIONES_RECURSOS.PHP2020-08-2802-43-13DATOS.TXT

Los campos con (*) son obligatorios.

nodos_instituciones_recursos.php

Se arma una relacion entre usuarios e Instituciones a traves de los recursos donados. El sistema registra que INSTITUCION (sea personal o ONG) ofrece un recurso, y que proyecto demanda ese recurso.
 El sistema muestra la fecha en que se dono el recurso pero no necesariamente es del mismo tiempo en que la institucion lo demando.
 Por lo tanto si se especifican FECHA DESDE y FECHA HASTA tomar las donaciones entre esas fechas y los proyectos vigentes entre esas fechas.
 Para filtrar recursos donados entre fechas ingrese las misma en formato YYYY-MM-AA por ej. 2020-07-22:

FECHA DESDE 01/01/2018 a
 FECHA HASTA 31/08/2020

Aceptar

CONTACTO - PROYECTO KOINONIA

PRINCIPAL Salir

Figura 3 Exportación de datos

3.3. Prototipos de análisis.

Posteriormente al trabajo de estructuración de los datos, se comenzaron a evaluar diferentes prototipos y formas de trabajo que permitieron trazar un modelo preliminar del comportamiento de la red.

En estos lineamientos se está trabajando actualmente en el análisis desde dos perspectivas diferentes, acorde a las posibilidades de acceso a los datos descripta en el apartado anterior.

Con los datos estructurados en el formato dado por la Alternativa I, se están realizando avances significativos para ser utilizados en un desarrollo propio y específico de una aplicación web que posibilite la medición de indicadores correspondientes a la dimensión estructural de la red, permitiendo también su visualización y generación de reportes. Los avances en el desarrollo de la aplicación pueden visualizarse en la Figura 4.

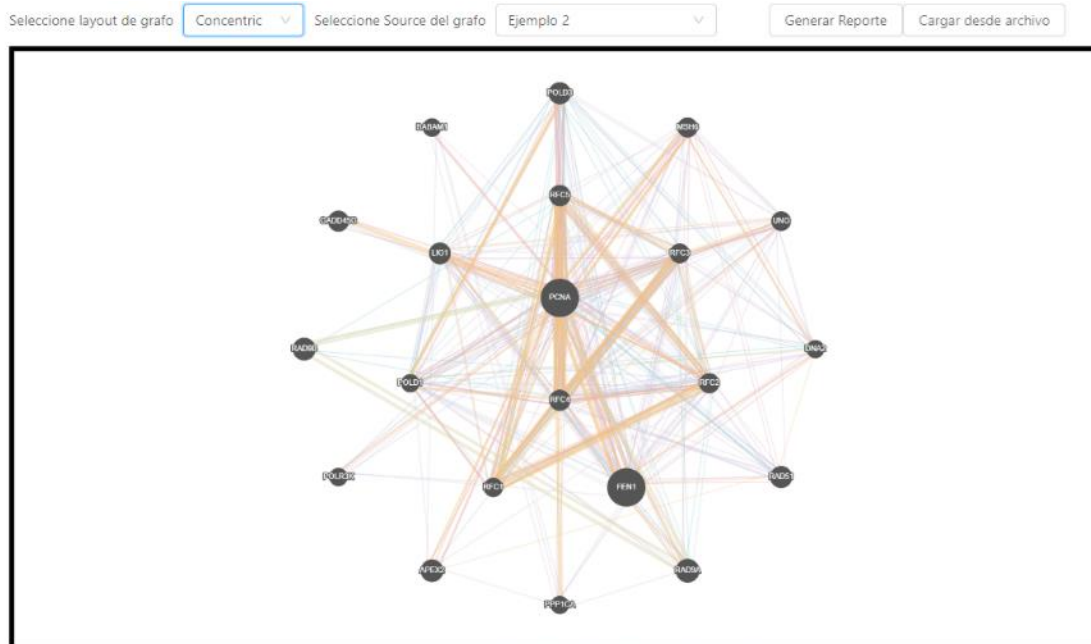


Figura 4 Modelo de Red I

Con los datos estructurados por la Alternativa II, los cuales pueden brindar información actualizada a partir de los datos disponibles on-line, o bien analizar un conjunto de datos históricos; se está trabajando actualmente con el software PAJEK en el modelado de la red. Se puede ver una primera aproximación del modelo en la Figura 5.

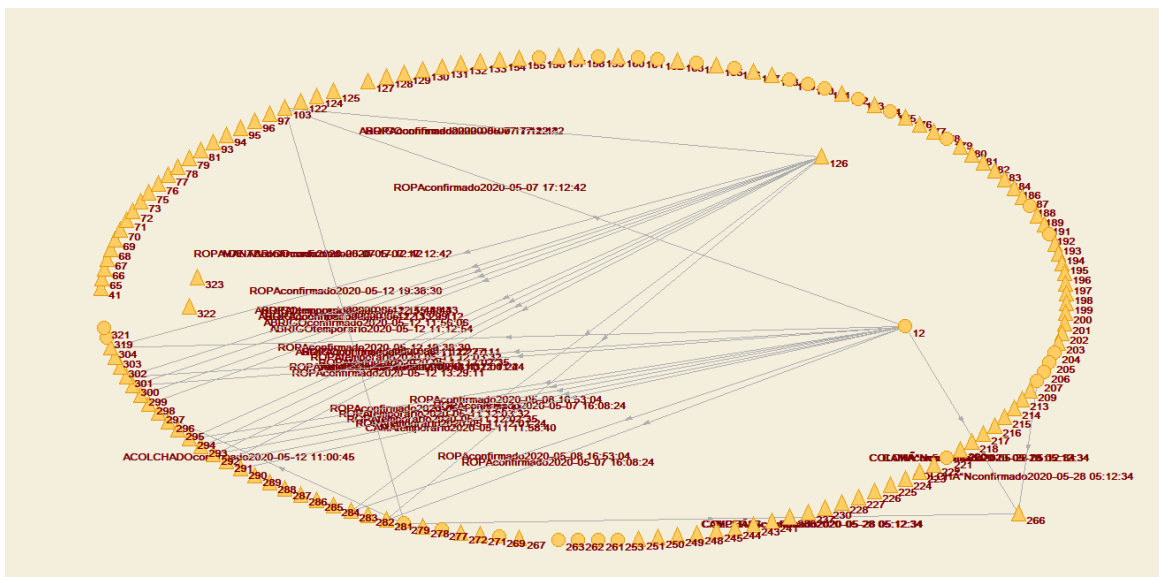


Figura 5 Modelo de Red II

4. CONCLUSIONES.

En el desarrollo de esta forma de estructuración de la información, se está logrando un prototipo dinámico que permite hacer análisis de redes, tanto en una herramienta conocida (PAJEK) como en una aplicación de realización propia. Esto posibilita explorar cuestiones de alta subjetividad, las cuales con cierta dificultad se logran estructurar formalmente y objetivamente en los modelos armados y analizados en dichas herramientas.

Tal es el caso, por ejemplo, de la importancia de una donación, para algunos puede estar dada por su alcance medido en cantidad de personas beneficiarias, para otros en cantidad de recursos donados, y para otros en monto aproximado de la donación; así pueden plantearse diferentes opciones o combinaciones de estos factores que en definitiva conforman la valoración del capital social generado en la red. Las investigaciones que se están llevando a cabo, permitirán dimensionar y cuantificar los constructos del modelo de red en proceso de conformación.

La oportunidad de contar con un prototipo que genere datos con los diferentes criterios; permite crear topologías de redes particulares que podrán ser evaluadas conformes con los criterios definidos, y permitirán consolidar un modelo aplicable en contexto. Esta cuestión también posibilita optimizar el componente logístico de tal forma de potenciar los vínculos entre los actores, disminuyendo costos operativos porque se priorizarían relaciones con mayor impacto conforme a lo propuesto por el modelo generado. A priori, se observan comportamientos con fuerte relación al contexto pandemia y es difícil establecer la implicancia real en el modelo.

Para algunas de las problemáticas planteadas, su solución queda supeditada a la incorporación de funcionalidades y/o registros adicionales a las bases de datos de AYUDARG con el objeto de contemplar situaciones específicas. En este último caso, la experiencia adquirida a partir de esta situación dada por la emergencia sanitaria y económica, permite sumar conocimiento a incorporar en mejoras funcionales de la herramienta en proceso de mejora continua.

La sistematización de los procesos de generación de conocimiento dados en la red de ayuda social de carácter regional permite crear modelos de comportamiento valiosos para la toma de decisiones de la Asociación Civil Proyecto Koinonía en post de cumplir con su misión organizacional.

5. REFERENCIAS.

- [1] Argentina.gov.ar. Argentina unida (1 de agosto de 2020). *Datos de las OSCs*. <https://www.argentina.gov.ar/desarrollosocial/cenoc/datosdelasoscs>
- [2] Argentina.gov.ar. Centro Nacional de Organizaciones de la Comunidad (1 de agosto de 2020). *Guía de Redes de Organizaciones Sociales*. https://www.argentina.gov.ar/sites/default/files/2.guia_de_redes_de_organizaciones_sociales.pdf
- [3] Del Fresno García, Miguel. (2015). "Conectar a los desconectados: Trabajo Social y análisis de redes sociales. Una aproximación metodológica para identificar líderes informales en red". *Arbor*, Vol 191, No 771.
- [4] Brand Monsalve, Edinson; Gómez, Henry. (2006). "Análisis de redes sociales como metodología de investigación. Elementos básicos y aplicación". *La Sociología En Sus Escenarios*, 13, 1–28.
- [5] Dos Reis, María Rosa; Xodo, Daniel Hugo; Bueno, Moisés Evaristo. (2019). "Propuesta de definición de métricas del capital social en redes sociales de organizaciones no gubernamentales (ONGs)". *Anales XXXII ENDIO, XXX EPIO*. Universidad Nacional de

- Tucumán, Centro Universitario Herrera. Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa.
- [6] Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka. (1995). "The Knowledge creating company. How japanese companies create the dynamics of innovation". *Oxford University Press*.
- [7] Polanyi, Michael (1966). *The Tacit Dimension*. The University of Chicago Press, Chicago. The University of Chicago Press, London. The Doubleday Broadway Publishing Group, a división of Random House, Inc.
- [8] Ramos Vidal, Ignacio. (2015). "Análisis de redes sociales: una herramienta efectiva para evaluar coaliciones comunitarias". Universidad de Sevilla. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO. Sevilla, España. *Revista de Salud Pública*. 17 (3): 323-336. [Scientific Electronic Library Online](#) Salud Pública.
- [9] Trotti, Marcos; Dos Reis, María; Bueno, Moisés; Xodo, Daniel. (2015). "Algoritmo Genético para la Asignación Eficiente de Recursos en catástrofes Climáticas". *XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Salta. Argentina. Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI).
- [10] Dos Reis, María R.; Trotti, Marcos H.; Bueno, Moisés; Illescas, Gustavo. (2016). "Un enfoque genético como asistente para la toma de decisiones en situaciones de emergencia – Proyecto Koinonía". *Anales XXIX ENDIO - XXVII EPIO*. Buenos Aires, Argentina. Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa.
- [11] Batagelj, Vladimir; Mrvar, Andrej. (1996). Versión Pajek 64 5.09. Disponible en: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>

Generación de todas las opciones de agrupamientos en función del tamaño del sistema en la MRP.

Mieras, Margarita Miguelina; Tobares, Tania Daiana; Sanchez Varretti, Fabricio Orlando; Urquiza, Lautaro; Amaya Holgado, Marina; Cramero, Camila Macarena.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Grupo SiCo. Gral. Urquiza 314, 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina. tanitobares@hotmail.com

RESUMEN

La forma en que se adquieren las materias primas e insumos junto con la organización de la producción son tópicos de continuo interés científico e industrial. Sin embargo, las formas óptimas de organizar la producción distan mucho de estar completamente desarrolladas y comprendidas. En este contexto, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) necesaria para que la producción en tiempo y forma abastezca a la demanda, plantea la necesidad de analizar diversas técnicas de organización. Variados modelos de programación dinámica han sido desarrollados en las últimas cinco décadas, siendo utilizados por empresas de clase mundial, ya que se consigue con ellos menores costos de abastecimiento. También es conocido el efecto del agrupamiento tanto de tareas como de procesos, así como de sistemas físicos y naturales; donde la disposición de los elementos que lo componen es de crucial importancia. Es la intención del presente trabajo establecer un patrón de comportamiento para la construcción de una matriz que contenga todas las opciones de agrupamientos de pedidos para abastecer un sistema productivo. La importancia de esto radica en la posibilidad de programar dicho comportamiento facilitando el análisis para mayor cantidad de períodos. De esta forma se obtiene una base de referencia para examinar cuál de las alternativas de abastecimiento es la óptima considerando los costos asociados.

Palabras Claves: planificación, materiales, lote de pedido, agrupamientos.

ABSTRAC

The way in which raw materials and inputs are acquired together with the organization of production are topics of continuous scientific and industrial interest. However, the optimal ways of organizing production are far from being fully developed and understood. In this context, the Material Requirements Planning (MRP) necessary for production in a timely manner to supply demand, raises the need to analyze various organizational techniques. Various dynamic programming models have been developed in the last five decades, being used by world-class companies, since they achieve lower supply costs. It is also known the effect of grouping both tasks as processes and physical and natural systems; where the arrangement of the elements that compose it is of crucial importance. It is the intention of this work to establish a pattern of behavior for the construction of a matrix that contains all the options for grouping orders to supply a productive system. The importance of this lies in the possibility of programming said behavior, facilitating the analysis for a greater number of periods. In this way, a reference base is obtained to examine which of the supply alternatives is the optimal one considering the associated costs.

Keywords: planning, materials, lot sizing, clusters.

1. INTRODUCCIÓN

La MRP (siglas derivadas del inglés “*material requirements planning*”) ha sido un método de control de inventario muy popular y ampliamente utilizado desde los años 70 [1]. Las herramientas de software basadas en él son aceptadas fácilmente. La mayoría de los tomadores de decisiones industriales están familiarizados con su uso [2].

Dentro de esta temática se observa que el problema del tamaño del lote es uno de los más importantes en la producción y el control de inventario [3]. Tomar las decisiones correctas respecto a cuándo y cuánta cantidad de materia prima y/o insumos adquirir afectará directamente el rendimiento del sistema y su productividad, lo que influirá sobre el nivel de competitividad de la empresa en el mercado.

La búsqueda, lectura y análisis de la literatura relacionada con el tema muestra que la investigación asociada a la MRP sigue vigente. Son numerosos los intentos de mejorar su rendimiento y efectividad combinándola con otros elementos o técnicas [4]. Sin embargo, no se hallan menciones sobre la determinación del tamaño óptimo de lote de pedido a partir del análisis de todas las formas que existen para agrupar los requerimientos de la empresa. No se encontraron investigaciones que consideren la explosión combinatoria que arroja el estudio completo de las posibles soluciones con las que cuenta el sistema a la hora del requerimiento de materiales. Probablemente, esto se deba al grado de dificultad que evidencia un análisis exhaustivo de la totalidad de las alternativas, se sabe con certeza que la cantidad de opciones crece de forma exponencial a medida que aumenta la cantidad de periodos considerados [5].

Las técnicas más usuales y que se han utilizado durante décadas para determinar los tamaños de lotes de las materias primas o insumos necesarios para la producción, con el menor costo posible, son entre otras: Lote por Lote; Lote Económico (EOQ); Balance Parcial de Período y el Algoritmo de W&W [6]. Cada una de ellas, se destaca por una particularidad a la hora de resolver las necesidades de ordenar materiales y/o materias primas, para producir el bien que la empresa desee obtener. Sin embargo, no se han analizado todas las combinaciones posibles de pedidos.

En este contexto nuestro grupo de investigación se propuso detectar un patrón de comportamiento para la construcción de las matrices que contienen todas las opciones de pedido que satisfacen los requerimientos de materiales, de modo tal de reducir un problema combinatorio complejo en uno más sencillo y controlable. Su relevancia reside en la posibilidad de tener una base de referencia para examinar el comportamiento de los tamaños de los grupos de pedidos formados para satisfacer las necesidades del sistema. El estudio de agrupamientos implica el análisis de las distintas formas en que se congregan los elementos que lo conforman [7-8] para constituir estos grupos (clusters) de acuerdo a una característica o medida distintiva [9].

Este trabajo permite continuar con la investigación asociada al dimensionamiento de lote de pedido para determinar cuál es la alternativa óptima considerando los costos asociados.

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción

Para un período establecido (N), el objetivo es analizar todas las posibles opciones de pedidos (j) para satisfacer las necesidades requeridas, y así luego permitir el estudio de los costos en los que se incurre. Un método para resolver el problema de optimización es enumerar todas las combinaciones posibles de realizar pedidos, a partir de la expresión:

$$2^{(N-1)} \quad (1)$$

Si se considera un horizonte de planificación de dos períodos (N=2), las opciones de pedido $2^{(2-1)} = 2$ se pueden representar:

Tabla 1 Opciones de pedidos para 2 periodos.

Combinaciones/Períodos	1	2
1	1	1
2	2	0

La primera combinación (j=1) implica realizar un pedido en cada periodo para satisfacer las necesidades en el período que son requeridas.

La segunda combinación (j=2) implica realizar un único pedido en el primer periodo para satisfacer las necesidades de los periodos 1 y 2.

En la tabla 2 se puede observar la representación en forma genérica de las distintas alternativas de pedidos que existen al momento de satisfacer los requerimientos del sistema considerando N periodos.

Tabla 2 Opciones de pedidos para N periodos.

Combinaciones/Periodos	1	2	3	4	...	N-1	N
1	1	1	1	1	...	1	1
2							
...							
j-1							
j	N	0	0	0	...	0	0

La primera combinación representa la opción que implica efectuar los pedidos en cada uno de los periodos para los cuales se tienen necesidades requeridas. La última combinación representa la alternativa donde todos los requerimientos del sistema son satisfechos por un único pedido realizado en el primer periodo. Entre estas combinaciones se encuentran distintas opciones que describen otras formas de llevar a cabo los pedidos.

2.2. Armado de matriz

El objetivo de este trabajo es hallar un patrón de comportamiento para el armado de estas tablas que crecen de forma exponencial a medida que en el horizonte de planificación se consideran más periodos. Si bien las combinaciones se leen de forma horizontal fila por fila, la realización de la matriz se confecciona columna por columna de forma vertical, de la siguiente manera:

Ya determinado el número de combinaciones (j) a considerar a partir de la expresión (1) antes mencionada, se procede a completar la primera columna correspondiente al período N=1. A partir de la expresión:

$$2^{(N-2)} \tag{2}$$

La cantidad de filas que se completan con 1 indica que en el período analizado se realiza un pedido para satisfacer ese período.

Luego a través de la expresión:

$$2^{(N-3)} \tag{3}$$

Se establece la cantidad de filas que se completan con 2, este número muestra que en el período analizado se realiza un pedido para satisfacer dicho período y el siguiente.

Siguiendo con igual criterio:

$$2^{(N-4)} \tag{4}$$

Establece la cantidad de filas de la primera columna que se completan con 3, dicho número indica que se realiza un pedido para satisfacer las necesidades de tres periodos.

De esta manera se continúa sucesivamente hasta que se analiza $2^{(N-N)}$, cuyo resultado muestra que solo la anteúltima combinación (j-1) se completa con el valor (N-1). Dicho valor indica que se lleva a cabo un pedido para satisfacer las necesidades de todos los periodos menos el último. Finalmente, la combinación (j) de la primera columna se completa con un número igual a N, aquí la opción mencionada es cubrir todas las necesidades del ciclo en un solo pedido.

Si se considera un sistema con periodos N = 5, la cantidad de opciones de pedidos (j) es $2^{(5-1)} = 16$, lo descripto hasta aquí quedaría:

Tabla 3 Opciones de pedidos para 5 periodos, primera columna.

Combinaciones/Período	1	2	3	4	5
s					
1	1				
2	1				
3	1				
4	1				
5	1				
6	1				
7	1				
8	1				
9	2				
10	2				

11	2				
12	2				
13	3				
14	3				
15	4				
16	5				

Para el llenado de la segunda columna se considera una variable $N_1=N-1$ y se realiza el mismo procedimiento que el anterior; al finalizar se tienen los valores de $j/2$ combinaciones, el resto se completan con 0.

Continuando con el ejemplo, $N_1=5-1=4$, la cantidad de 0 es $j/2=16/2=8$:

Tabla 4 Opciones de pedidos para 5 periodos, segunda columna.

Combinaciones/Periodos	1	2	3	4	5
1	1	1			
2	1	1			
3	1	1			
4	1	1			
5	1	2			
6	1	2			
7	1	3			
8	1	4			
9	2	0			
10	2	0			
11	2	0			
12	2	0			
13	3	0			
14	3	0			
15	4	0			
16	5	0			

Para la tercera columna se establece la variable $N_2 = N-2$ y se procede de igual manera que en el primer caso; al finalizar se obtienen los valores de $j/4$ combinaciones. Igual número de combinaciones se completan con 0. Hasta aquí se han llenado $j/2$ combinaciones de la tercera columna. Para terminar dicha columna se copian los valores obtenidos incluidos los 0 y quedan todas las posibles combinaciones establecidas.

Siguiendo el ejemplo, $N_2=5-2=3$, la cantidad de 0 es $j/4=16/4=4$ y se realiza una copia.

Tabla 5 Opciones de pedidos para 5 periodos, tercera columna.

Combinaciones/Periodos	1	2	3	4	5
1	1	1	1		
2	1	1	1		
3	1	1	2		
4	1	1	3		
5	1	2	0		
6	1	2	0		
7	1	3	0		
8	1	4	0		
9	2	0	1		
10	2	0	1		
11	2	0	2		
12	2	0	3		
13	3	0	0		
14	3	0	0		
15	4	0	0		
16	5	0	0		

En la cuarta columna se trabaja con la variable $N_3=N-3$ y se precede de igual manera que en primera instancia; al finalizar se obtienen los valores de $j/8$ combinaciones. Mismo número de combinaciones se completan con 0. Hasta el momento se tienen establecidos los valores de $j/4$ combinaciones. Para completar la cuarta columna se repiten los valores obtenidos tres veces, de esta manera queda terminada dicha columna.

Aquí $N_3=5-3=2$, la cantidad de 0 es $j/8=16/8=2$ y se realizan tres copias.

Tabla 6 Opciones de pedidos para 5 periodos, cuarta columna.

Combinaciones/Periodos	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	
2	1	1	1	2	
3	1	1	2	0	
4	1	1	3	0	
5	1	2	0	1	
6	1	2	0	2	
7	1	3	0	0	
8	1	4	0	0	
9	2	0	1	1	
10	2	0	1	2	
11	2	0	2	0	
12	2	0	3	0	
13	3	0	0	1	
14	3	0	0	2	
15	4	0	0	0	
16	5	0	0	0	

En la quinta columna se trabaja con la variable $N_4=N-4$ y se precede de igual manera que en primera instancia; al finalizar se obtienen los valores de $j/16$ combinaciones. Mismo número de combinaciones se completan con 0. Hasta el momento se tienen establecidos los valores de $j/8$ combinaciones. Para completar la quinta columna se repiten los valores obtenidos siete veces, de esta manera queda terminada dicha columna.

Dado que en el ejemplo $N=5$, $N_4=5-4=1$, se completa una sola fila con 1, la cantidad de 0 es $j/16=16/16=1$ y se realizan siete copias.

Tabla 7 Opciones de pedidos para 5 periodos, quinta columna.

Combinaciones/Periodos	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	0
3	1	1	2	0	1
4	1	1	3	0	0
5	1	2	0	1	1
6	1	2	0	2	0
7	1	3	0	0	1
8	1	4	0	0	0
9	2	0	1	1	1
10	2	0	1	2	0
11	2	0	2	0	1
12	2	0	3	0	0
13	3	0	0	1	1
14	3	0	0	2	0
15	4	0	0	0	1
16	5	0	0	0	0

De lo expuesto hasta aquí se observa un patrón de comportamiento que se resume de la siguiente manera:

Tabla 8 Patrón de comportamiento para establecimiento de combinaciones.

	1º Columna	2º Columna	3º Columna	4º Columna	...	(N-1)º Columna	Nº Columna
Variable	N	$N_1=(N-1)$	$N_2=(N-2)$	$N_3=(N-3)$		$N_{(N-2)}=N-(N-2)$	$N_{(N-1)}=N-(N-1)$
Filas/Combinaciones Completas (≠0)	j	$j^{*1/2}$	$j^{*(1/2)^2}$	$j^{*(1/2)^3}$		$j^{*(1/2)^{(N-2)}}$	$j^{*(1/2)^{(N-1)}}$
Filas/Combinaciones que se completan con 0	-	$j^{*1/2}$	$j^{*(1/2)^2}$	$j^{*(1/2)^3}$		$j^{*(1/2)^{(N-2)}}$	$j^{*(1/2)^{(N-1)}}$
Total de filas/combinaciones completas	j	j	$j^{*1/2}$	$j^{*(1/2)^2}$		$j^{*(1/2)^{(N-3)}}$	$j^{*(1/2)^{(N-2)}}$
Copias	-	-	$(2-1)=1$	$(2^2-1)=3$		$(2^{(N-3)}-1)=$	$(2^{(N-2)}-1)=$

3. CONCLUSIÓN

La matriz que contiene todas las opciones de pedido que se presentan en un sistema a la hora del requerimiento de materiales se lee fila por fila de forma horizontal. Observar la tabla de forma vertical permitió determinar un patrón de comportamiento para su armado. A partir de esta técnica se logra la generación de un patrón de armado de la matriz que incluye todas las opciones de pedidos para cualquier tamaño de sistema de N período. La ventaja de este algoritmo es que no tiene limitaciones en tamaños del sistema del cual queremos generar todas las opciones posibles de pedidos. Se podrá continuar con el estudio sobre un escenario más extenso y completo; lo que va estrictamente ligado a la determinación de conclusiones más precisas.

Los análisis que se podrán llevar a cabo sobre los tamaños de los distintos agrupamientos formados a la hora del abastecimiento permitirán, entre otros, descartar casos extremos y poco probables. Pudiendo de este modo reducir el número de combinaciones a analizar, disminuyendo el tiempo de procesamiento para hallar la solución óptima en la planificación de requerimiento de materiales ya que el estudio se concentra solo en los agrupamientos más probables.

4. REFERENCIAS

- [1] Plenert, G. (1999). Focusing material requirements planning (MRP) towards performance. European Journal of Operational Research, 119 (1999), pp 91-99.

- [2] Sarkar, A., Das, D., Chakraborty, S. y Biswas, N. (2013). "A Simple Case Study of Material Requirement Planning". *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 9, Issue 5 (Nov. - Dec. 2013), pp 58-64.
- [3] Alfares, H. K. y Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. *Journal: Computers & Industrial Engineering*, Volume 116, pp 59–71.
- [4] Miclo, R.; Lauras, M.; Fontanili, F.; Lamothe, J. y Melnyk, S. A. (2018). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*. DOI: 10.1080/00207543.2018.1464230.
- [5] Hopp, W. J, y Spearman, M. L. (2000). *Factory physics: foundations of manufacturing management*. 2nd ed. New York (N.Y.): McGraw-Hill.
- [6] Heizer, J. y Render B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Séptima edición, Pearson Educación, México, ISBN:978-607-442-099-9
- [7] Yin, X. F.; Khoo, L. P. y Chong, Y. T. (2013). A fuzzy c-means based hybrid evolutionary approach to the clustering of supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, v. 66, 768 – 780.
- [8] Sabo, K.; Scitovski, R. y Vazler, I. (2013). One-dimensional center-based l1 -clustering method, *Optim Lett.*, v. 7, 5 - 22. DOI: 10.1007/s11590-011-0389-9
- [9] Weeda, P. J. (1987) On similarities between lot sizing and clustering. *Cost and Production Economics*, v. 12, 65 - 69.

Validación y aplicación de un procedimiento para determinar recursos tecnológicos estratégicos

Mantulak, Mario José⁽¹⁾; Yasinski, Sonia Ester⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratorio de Gestión Tecnológica y Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

Juan Manuel de Rosas N° 325, Oberá, Misiones, Argentina (CP 3360).

mantulak@fio.unam.edu.ar ; yasinskisonia@gmail.com

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

La adecuada gestión de los recursos tecnológicos por parte de la empresa implica la necesidad de potenciar las competencias tecnológicas y desarrollar capacidades organizacionales que posibiliten la utilización de conocimientos y experticias tecnológicas del personal para mejorar la eficacia de las máquinas y equipos con que trabajan.

Al trabajar en el diseño de nuevos procesos, ya sean de gestión o de producción, resulta útil poder realizar un examen o valoración antes que se concrete su aplicación (evaluación ex-ante), con la finalidad de verificar si las condiciones y los recursos proyectados garantizan una efectiva ejecución del proceso.

En que un proceso constituido a partir de pasos secuenciales consecutivos y sistemáticos, con inicio y final definidos, y la necesidad de un conjunto de recursos para su ejecución, constituyen una red de flujo de trabajo. Una red de este tipo puede ser modelada a partir de las Redes de Petri (RdP), como una sucesión de estados durante la ejecución de un proceso metodológico, las cuales permiten además, evaluar la existencia de condiciones en las cuales los elementos intervinientes o sus relaciones pudieran conducir a estados que impidieran la ejecución del procedimiento.

El diseño de un procedimiento debe realizarse en función del cumplimiento de unos requisitos establecidos según el propósito para el que es construido, y al elaborarlo subyace cierta inseguridad sobre la viabilidad de su aplicación. Es razonable suponer que durante su implementación, surjan inconvenientes y/o inconsistencias entre las acciones o actividades que componen el procedimiento. Por ello, las Redes de Petri (RdP) resultan muy útiles al modelar la sucesión de acciones y sus relaciones durante la ejecución de un procedimiento específico. El objetivo del trabajo es aportar evidencia empírica a favor de dichas redes de flujo de trabajo, a partir del modelado y ejecución de un procedimiento específico, y posterior implementación del mismo en una pequeña empresa de manufactura para la determinación de los recursos tecnológicos estratégicos. Para ello, mediante el software Workflow Petri net Designer (WoPeD) se modelan las tareas y las relaciones que componen el procedimiento, y se comprueba la factibilidad de ejecución plena de todas las acciones que lo componen, a partir de la disponibilidad de determinados recursos e información y del cumplimiento de los requisitos previstos en su diseño.

Se diseñó una metodología para la determinación de recursos tecnológicos estratégicos en pequeñas empresas de manufactura, a través de la utilización de redes de flujo de trabajo derivadas de las Redes de Petri. Se comprobó ex-ante el adecuado diseño de la tareas que componen todos los pasos del proceso metodológico, a través de la utilización del software WoPeD con lo cual se verificó su consistencia lógica y funcionalidad sin impedimentos estructurales (obstáculos o limitaciones).

El procedimiento elaborado constituye un instrumento metodológico sencillo y pertinente para la determinación de recursos tecnológicos estratégicos en las pequeñas empresas de manufactura, por cuanto permite visualizar de manera integral la relación existente entre sus recursos tecnológicos, los diversos aspectos y componentes de la organización, y la vinculación con su entorno, y constituye de manera sistémica un importante insumo para el desarrollo de líneas tecnológicas estratégicas en este tipo de emprendimientos.

La aplicación del procedimiento desarrollado a una pequeña empresa de manufactura permitió viabilizar y conjugar los conceptos teóricos con la cotidianeidad y practicidad del emprendimiento, a partir de la identificación y valoración fáctica de los recursos tecnológicos tangibles e intangibles, y se constituyó en un instrumento que contribuye a la toma de decisiones estratégicas por parte del empresario/dueño del emprendimiento.

Palabras clave: Redes de Petri; Modelación y simulación, Recursos tecnológicos estratégicos; Pequeñas empresas; Manufactura.

ABSTRACT

Proper management of technological resources by the company implies the need to enhance technological skills and develop organizational capabilities that enable the use of knowledge and technological expertise of the staff to improve the efficiency of the machines and equipment with which they work.

When working on the design of new processes, whether they are management or production, it is useful to be able to carry out an examination or assessment before their application is finalized (ex-ante evaluation), in order to verify whether the projected conditions and resources guarantee an effective execution of the process.

In which a process constituted from sequential and systematic steps, with a defined beginning and end, and the need for a set of resources for its execution, constitute a work flow network. A network of this type can be modeled from Petri Nets (RdP), as a succession of states during the execution of a methodological process, which also allow evaluating the existence of conditions in which the intervening elements or their Relationships could lead to states that impede the execution of the procedure.

The design of a procedure must be carried out based on the fulfillment of established requirements according to the purpose for which it is built, and when elaborating it there is a certain uncertainty about the viability of its application. It is reasonable to assume that during its implementation, inconveniences and / or inconsistencies arise between the actions or activities that make up the procedure. For this reason, Petri Nets (RdP) are very useful when modeling the succession of actions and their relationships during the execution of a specific procedure. The objective of the work is to provide empirical evidence in favor of these workflow networks, from the modeling and execution of a specific procedure, and subsequent implementation of it in a small manufacturing company for the determination of strategic technological resources. To do this, through the Workflow Petri net Designer (WoPeD) software, the tasks and relationships that make up the procedure are modeled, and the feasibility of full execution of all the actions that compose it is checked, based on the availability of certain resources and information and compliance with the requirements foreseen in its design.

A methodology was designed to determine strategic technological resources in small manufacturing companies, through the use of workflow networks derived from Petri nets. The proper design of the tasks that make up all the steps of the methodological process was verified ex-ante, through the use of the WoPeD software, thereby verifying its logical consistency and functionality without structural impediments (obstacles or limitations).

The elaborated procedure constitutes a simple and pertinent methodological instrument for the determination of strategic technological resources in small manufacturing companies, since it allows a comprehensive view of the existing relationship between their technological resources, the various aspects and components of the organization, and the link with its environment, and systemically constitutes an important input for the development of strategic technological lines in this type of undertaking.

The application of the procedure developed to a small manufacturing company made it possible to make feasible and combine theoretical concepts with the daily life and practicality of entrepreneurship, based on the identification and factual assessment of tangible and intangible technological resources, and became an instrument that contributes to making strategic decisions by the entrepreneur / owner of the venture.

Keywords: Petri nets; Modeling and simulation, Strategic technological resources; Small companies; Manufacture.

Bases para un Plan Nacional de Logística

Clementi, Luis; Fernández Roisman, Javier; Bermúdez, Leandro; Paz, Víctor

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A.
sectip@frba.utn.edu.ar*

RESUMEN

La República Argentina posee excelentes profesionales en materia de transporte en sus diversos modos y medios como así también en logística, pero Argentina carece de una "visión holística" del sistema de transporte y logística en conjunto y esta situación, provoca una serie de dificultades que perjudican nuestra capacidad y competitividad. En el presente trabajo se elaborarán las "Bases para un Plan Nacional de Logística" que permita que el Estado en sus distintos ámbitos, como así también los actores privados (asociaciones empresarias, profesionales, académicas, etc.) puedan consensuar un Plan Nacional de Logística.

Muchos países han adoptado la metodología de planeamiento estratégico desde hace varias décadas puesto que permite una concreción de acciones, su seguimiento y control y puede llevarse a cabo independientemente de los gobiernos, como una cuestión de estado, en búsqueda de ventajas sostenibles. Los países se preparan para el futuro mediante la generación y luego la concreción de sus planes estratégicos, Argentina no escapa a este mecanismo de pensamiento y acción. A nivel nacional ha habido planes estratégicos sobre distintos sectores como lo fueron el Plan Estratégico Industrial 2010-2020, Metas para el año 2010 del Ing. Guillermo Laura (como actor privado, pero indicando obras públicas necesarias), el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2010-2020 (PEA) y el Plan Federal Estratégico de Transporte y Logística (PFETRA) durante la última década, por ejemplo. Para la realización de estos planes estratégicos es necesario pensar desde una perspectiva actual, el futuro esperado para el país a largo plazo y esto requiere el esfuerzo combinado de distintos actores, gobiernos, académicos, empresarios, ciudadanos en general con continuidad en su ejecución y para que la planificación estratégica sea efectiva debe existir una red que abarque todas las actividades y todas las regiones.

El objetivo general de este proyecto fue elaborar un diagnóstico de la situación actual de la logística de la República Argentina para formular las bases de un "Plan Nacional de Logística" que puedan servir como referencia y punto de partida para desarrollos más profundos que permitan mejorar la competitividad de nuestro país, favorecer su integración y facilitar el desarrollo de las distintas regiones que lo componen.

Palabras Claves: Logística, Plan, Nacional, Bases, Argentina.

ABSTRACT

The Argentine Republic has excellent professionals in transportation in its various modes and means as well as in logistics, but Argentina lacks a "holistic vision" of the transport and logistics system as a whole and this situation causes a series of difficulties that harm our capacity and competitiveness. In the present work, the "Bases for a National Logistics Plan" will be elaborated that allows the State in its different areas, as well as private actors (business associations, professionals, academics, etc.) to agree on a National Logistics Plan.

Many countries have adopted the strategic planning methodology for several decades since it allows for the concretion of actions, their monitoring and control and it can be carried out independently of the governments, as a matter of state, in search of sustainable advantages. The countries prepare for the future through the generation and then the realization of their strategic plans, Argentina does not escape this mechanism of thought and action. At the national level there have been strategic plans on different sectors such as the Industrial Strategic Plan 2010-2020, Goals for the year 2010 by Eng. Guillermo Laura (as a private actor, but indicating necessary public works), the Agrifood and Agroindustrial Strategic Plan 2010 -2020 (PEA) and the Federal Strategic Transport and Logistics Plan (PFETRA) during the last decade, for example. To carry out these strategic plans, it is necessary to think from a current perspective, the expected future for the country in the long term and this requires the combined effort of different actors, governments, academics, businessmen, citizens in general with continuity in its execution and to For strategic planning to be effective, there must be a network that encompasses all activities and all regions.

The general objective of this project was to prepare a diagnosis of the current situation of logistics in the Argentine Republic to formulate the bases of a "National Logistics Plan" that can serve as a reference and starting point for deeper developments that allow improving the competitiveness of our country, favor its integration and facilitate the development of the different regions that comprise it.

Keywords: Logistics, Plan, National, Bases, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad logística nació en el terreno militar y en general, en las últimas décadas, tuvo una importante evolución en el ámbito civil tanto conceptualmente, como herramienta clave para el desarrollo endógeno de cada empresa, organización, país o región¹. Al conjunto de “buenas prácticas logísticas”, conocidas genéricamente como, “Reglas del Arte” se las vincula a los procesos internos y externos, ya sean factores del comercio internacional y nacional y en aspectos de innovación tecnología, capital humano, operativos, etc. La evolución del comercio internacional, la necesidad de aumentar la productividad, junto al desarrollo y la modernización de los modos y medios de transporte, la actualización de la infraestructura y la introducción a nivel global de las reglas del arte, imponen una actualización difícil de soslayar.

En Argentina se han realizado planes estratégicos sobre sectores particulares, pero al momento la logística como actividad de apoyo indispensable no ha sido abordada a nivel nacional mediante esta metodología. Una de las principales razones por las cuales aún no se han realizado planes de este tipo es la envergadura del problema. Comprender la vasta geografía argentina, tanto en infraestructura como en actividades productivas es un desafío difícil y es una de las causas de la ausencia de un plan nacional de logística que contemple todas las actividades productivas del país, sus características y requerimientos. Entender que la logística es una actividad transversal a todas las demás, que es el medio para el abastecimiento de todo el territorio y para la concreción de todo tipo de actividades del comercio internacional.

La República Argentina, posee un importante atraso en este campo, mientras que existen varios ejemplos de países de la región que han elaborado y avanzado en sus planes nacionales de logística y que les permitió una sustancial mejora en su competitividad. Nuestro país no ha reconocido aún la inestimable importancia del rol de la “Logística”, y se continúa pensando solo en términos de transporte como en elementos separados. Es preocupante la comparación de los indicadores logísticos de nuestro país, siendo en ese lugar donde se observa la imperiosa necesidad de evolucionar en el estado del arte, en lo referente a la deteriorada o inexistente infraestructura y el necesario rol del Estado para aumentar la competitividad global. Esos indicadores, reflejan y ponen de manifiesto una lamentable preparación de la dirigencia, que no promueve una política genuina para ser aplicada también en políticas adecuadas para el transporte y a la logística como un todo, sino todo lo contrario y el país en este momento sufre un importante atraso en esta materia que fue potenciado por la ausencia del Estado durante mucho tiempo.

A continuación, se mencionan tres indicadores de referencia internacional que permiten, comparativamente, ubicar a la República Argentina dentro del contexto regional y mundial:

- “Índice de Competitividad Global” (Global Competitiveness Index) 2015-2016- elaborado por el World Economic Forum: Argentina se encuentra en la posición 106 (actual 81) de entre 140 países.
- “Índice Haciendo Negocios” (About Doing Business)- junio 2016 – Banco Mundial: Argentina está ubicada 121(actual 119) entre 189 (actual 190) países.
- “Índice de Performance Logística” (Logistics Performance Index), este tercer indicador permite comparar específicamente el posicionamiento logístico de los países es el “Índice de Performance Logística” (Logistics Performance Index), elaborado por el Banco Mundial en base a encuestas para medir la logística del comercio internacional. El índice toma valores de 1 a 5, este último valor indica un alto desempeño logístico. Argentina ha pasado de tener un valor de 3,1 en 2010 a 2,96 en 2016, lo que ha significado pasar de la posición 48 a la posición 66 (actual 62) entre 160 países².

2. DESARROLLO

La formulación de un “Plan Nacional de Logística” es una deuda que hasta el presente nuestro país no ha logrado saldar. Para ello, es importante que exista un ámbito de análisis y discusión que permita generar consensos sobre los temas que hacen a una mejora de la competitividad de la República Argentina y en ese sentido es fundamental revisar temas tan profundos como la infraestructura, el equipamiento, las “Reglas del Arte”, (se llaman así a las mejores prácticas que se utilizan en la cadena de Abastecimiento -Supply Chain- de los países más avanzados), los costos logísticos, capital humano, tecnología, rol de la dirigencia pública y privada, impacto en el medio ambiente, promoción de la participación pública privada, etc.

Para el desarrollo de este estudio se utilizará como referencia el concepto de “microrregiones productivas” elaboradas por CEPAL con su análisis de cadenas productivas³, y a efectos del contexto futuro asumimos como premisas un horizonte temporal extendido hacia la década del 2040 al 2050 y para señalar un punto de partida se tomarán los tres índices mencionados y que entendemos relevantes para nuestro proyecto. A partir del diagnóstico que se realizará de las distintas Regiones Integradas del país, (Norte Grande, Cuyo, Centro, Patagonia, Provincia de Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires), se propondrá un conjunto de pautas para definir las bases de un Plan Nacional de Logística. Ello implicará investigar en cada Región, la situación actual a nivel provincial y regional de la aplicación de las “reglas del arte” en distintas cadenas productivas y el impacto sobre la competitividad.

A partir del diagnóstico que se realizará de las distintas Regiones Integradas del país, (Norte Grande, Nuevo Cuyo, Centro, Patagonia, Provincia de Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires), se propondrá un conjunto de pautas para definir las bases de un Plan Nacional de Logística.

- Mercados de Oferta y Demanda (a nivel nacional e internacional).
- Importancia de las Matrices origen- destino.
- Infraestructura: potencialidad del Intermodalismo. Centros logísticos, etc.
- Tecnología aplicada a los procesos y su vinculación con los mercados, etc.
- Desarrollo de Capital Humano. Formación, capacitación, emprendedorismo, etc.
- Reglas del Arte – grado de aplicación, procedimientos, costos Logísticos, logística urbana, etc.
- Rol de la gestión empresarial: Empresas. Asociaciones profesionales. Participación Pública-Privada. Parques industriales, tecnológicos, logísticos, etc.
- Huella ecológica y de carbono. Medio ambiente.
- Rol del estado visión holística, desarrollo y participación.

El Plan Nacional de Logística requiere el consenso y convertirse en una política de estado⁴. Por otra parte, a nivel gubernamental, en 2013 se presentó un breve documento de referencia elaborado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación productiva de la Nación denominado Plan Argentina Innovadora 2020. Tecnologías para Logística y Transporte que aborda el problema del transporte y logística de todos los medios de transporte poniendo foco en el funcionamiento de los centros de almacenamiento y distribución⁵. En 2016, la Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil del Área de Transporte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, ha presentado el trabajo de un equipo de profesionales sobre una propuesta para instrumentar un plan nacional de transporte interurbano⁶.

La investigación se realizará mediante búsqueda de información y consultas en páginas web y relevamientos directos si lo permite el presupuesto que se pueda obtener, contactos personales y colaboración que se obtenga a nivel provincial, municipal, nacional, asociaciones empresarias y profesionales, productores, etc. En tal sentido se elaborarán los cuestionarios que permitirán relevar la información clave y generar una Matriz FODA general para aplicar en los relevamientos de cada Región/ Subregión/ microrregión/ cadena productiva y se adaptará sobre la marcha para atender las posibles particularidades que puedan aparecer.

Nuestro país adolece de muchos datos, pero poca información para la toma de decisión. En ese sentido la información que se obtenga será transferida a instituciones públicas y privadas.

Se tomarán las siguientes “Regiones Integradas”:

- Región del Norte Grande Argentino: nació el 9 de abril de 1999 y la constituyen las provincias de: Tucumán, Catamarca, Salta, Jujuy, Formosa, Misiones, Santiago del Estero, Chaco (y se incorporó La Rioja al NOA). A su vez se puede dividir en NOA y NEA.
- Región del Cuyo: nació el 22 de enero de 1988 y la constituyen las provincias de: Mendoza, San Juan y San Luis

- Región Centro: nació el 15 de agosto de 1998 y está constituida por las provincias de: Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos.
- Región de la Patagonia: nació el 26 de junio de 1996 y está constituida por las provincias de: Río Negro, Neuquén, Chubut, La Pampa, Santa Cruz, Tierra del Fuego, Antártica e Islas del Atlántico Sur. Teniendo en cuenta el inmenso Mar Argentino.
- Región de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad de Buenos Aires formarían una o dos unidades económicas, pero nunca fueron formalizadas como Región, aunque por su relación e implicancias logísticas y de transporte las consideraremos a los efectos del presente proyecto como la quinta “Región Integrada”.

A su vez, dentro de cada Región Integrada y partiendo de las provincias se estudiarán las “Microrregiones indicadas en el Estudio de CEPAL”. En tal sentido, si bien la obra “Complejos productivos y territorio en la Argentina”, no hace una definición específica del término “microrregión”, sigue a Benedetti cuando concibe a la regionalización como “... una clasificación, un reconocimiento de diferencias geográficas –algunas veces naturales, pero generalmente sociales- mediante la identificación, delimitación y estudio de una o más áreas, con mayor o menor grado de precisión de sus límites”. Incluye perspectivas fisiográficas, humanas, funcionalistas, fenomenológicas, económico-productivas y político-culturales de la región.

Para la delimitación de microrregiones realizado por el estudio antes mencionado, se hizo base en tres criterios:

- Uno nodal, identificando los principales centros urbanos y sus entornos productivos. Entre ellos, se encuentran Córdoba, Salta y Jujuy, Tucumán, Corrientes y Resistencia, Comodoro Rivadavia.
- Uno de articulación funcional, cuando predomina una fuerte vinculación urbano-rural sea en formato intensivo o extenso, (oasis de Mendoza, de San Juan, valle inferior de río Chubut)
- Uno de homogeneidad productiva, para conformar regiones extensas donde predomina una actividad económica, o de enclave (área pecuaria en el primer caso, hidrocarburos en el segundo).

A modo ejemplo se indican algunas acciones y tareas que se llevarán a cabo. El Proyecto no tiene financiamiento y las gestiones se realizan con limitados recursos propios del director del proyecto y los colaboradores directos:

- Análisis de las características físicas, poblacionales y tendencias
- Matriz origen- destino de las cargas y tendencias (parcial y donde exista información)
- Descripción general del sistema de transporte y de logística
- Redes: vial, ferroviaria, aérea, hidrovía, puertos, pasos fronterizos, aduana, etc.
- Conectividad, intermodalismo.
- Centros de acopio, depósitos, facilidades logísticas, tecnología aplicada
- Capital humano, capacitación necesaria, Impacto de los costos logísticos y su incidencia sobre el producto
- Cadenas productivas relevantes- Principales debilidades del Transporte y la Logística
- Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas

Se trata de un proyecto académico pero ambicioso frente a la falta de recursos, lo que impidió poder cumplir con avances más concretos para la formulación de un “Plan Nacional de Logística y que entendemos debería ser elaborado en el ámbito de las políticas públicas a través del consenso de los sectores público y privados y quizás dentro de las atribuciones de un “Consejo Nacional de Logística” como factor orientador. Obviamente la situación económica general y la “Pandemia del COVID 19” aportó un mayor nivel de limitaciones que se asumieron con tesón y mucho trabajo.

Existen experiencias importantes de “Planes Nacionales de Logística y Transporte” en países de la región y del mundo, y es auspicioso que, por primera vez en nuestra historia institucional, exista un Ministerio de Transporte con estructura profesional. Sin embargo, aparentemente existen otras prioridades que reclaman la atención y recursos y que seguramente permitirán abordarlo en el futuro, en ese sentido, el avance a través del presente proyecto pueda resultar un insumo, para cuando el Estado tome el tema y tenga interés en elaborar un Plan Nacional de Logística herramienta indispensable para lograr la “integración y el desarrollo” de nuestro país.

3. CONCLUSIONES.

Descubrimos a lo largo del trabajo de investigación una oportunidad única para el desarrollo de nuestro país, que concluye en la clara necesidad de la creación de un plan estratégico. A pesar de encontrarnos ante un panorama complejo, se lograron plantear los puntos claves que deben ser tratados y discutidos buscando un consenso que permita el desarrollo de este.

Resumimos la necesidad de incluir como mínimo los siguientes pilares como objetivos específicos:

- Determinar la conectividad, tanto a nivel nacional como internacional, desde una "visión holística" de la infraestructura.
- Evaluar cada modo y medio de transporte en forma individual y las variantes de intermodalismo en los casos que sea posible.
- Integrar lo obtenido en cada microrregión para vincular con las otras regiones nacionales e internacionales y obtener una visión de conjunto.

Esperamos que el presente diagnóstico de la situación actual de la logística de la República Argentina sirva de aporte para un eventual “Plan Nacional de Logística” que pueda formularse en un futuro.

4. REFERENCIAS.

- [1] Antun, P., De Buen Richkarday, O., & Aguerrebere Salido, R. (1995). Logística: Una visión sistémica. Documento técnico, (14).
- [2] Banco Mundial y Facultad de Economía de Turku. (Mayo 2017) *Resumen de Encuestas sobre el Índice de Desempeño Logístico*. “Connecting to Compete: Trade Logistics in the Global Economy” (Vincularse para competir: la logística del comercio internacional en la economía mundial). En línea: <http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?view=chart>.
- [3] Borello José y col. (2015). *Complejos Productivos y Territorios en la Argentina. Aportes para el estudio de la geografía económica del país*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- [4] Clementi Luis. Plan Nacional de Logística. Argentina. Ciudad de Buenos Aires. (2014). *Libro. Artículo Completo. Congreso. Ingeniería 2014- Latinoamérica y Caribe- Congreso-Exposición*. Centro Argentino de Ingenieros.
- [5] Ceresetto Fabiana y Grassi Fernando (2013). *Plan Argentina Innovadora 2020. “Tecnologías para Logística y Transporte”*. Documento de Referencia, 14 páginas. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación productiva de la Nación.
- [6] Peralta Guillermo y col. (2016). *Propuesta para instrumentar un plan nacional de transporte interurbano*. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería. Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil Área Transporte, Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil Área Transporte.

Agradecimientos

El director del Proyecto desea agradecer a los integrantes del equipo que han trabajado con mucha dedicación y que a pesar de las dificultades económicas han brindado su aporte desinteresadamente y con un alto grado de compromiso y profesionalismo. El Proyecto no contó con financiamiento económico, pero si con un alto grado de compromiso personal y profesional.

Determinación de la Duración Óptima de una Campaña Publicitaria Mediante la Difusión de la Información en Servicios Educativos de Universidades Peruanas

Flores-Bashi, Carlos*; Espinoza, Pedro (1)

* Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas – Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Túpac Amaru 210 - Rímac. Código Postal 15333. carlos.flores.b@uni.edu.pe

.1 Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas - Universidad Nacional de Ingeniería
Av. Túpac Amaru 210 - Rímac. Código Postal 15333. pcesp67@gmail.com

RESUMEN

El estudio trata de construir un sistema de apoyo a las decisiones que buscan maximizar los beneficios de promociones de servicios educativos en universidades peruanas desarrollando un modelo matemático para determinar la duración óptima de una campaña publicitaria basada en la difusión de información en un grupo social propuesto por Çetin [1]. El modelo es exploratorio que sigue las pautas de la distribución no normal, se calcula el coeficiente de simulación a partir de la ecuación que relaciona el número de personas que van conociendo la información en un tiempo t a diferencia de Çetin [1] que aplica la simulación Monte Carlo para el cálculo del coeficiente, en lugar de la solución clásica propuesta por Hanna et al, Chi et al y Flores-Bashi et al [2,3,4]. El modelo tiene como objetivo el beneficio total que se resuelve como una optimización sin restricciones y un modelo de programación no lineal entero. El momento óptimo depende del coeficiente de difusión, el tamaño de la población, el costo del anuncio por unidad de tiempo, el precio unitario y la tasa de descuento. Ubicándose el momento óptimo en el cruce de la línea de descuento y la curva de tasa de crecimiento de la función objetivo. Comparamos nuestros resultados basados en la difusión de la información con el propuesto por Flores-Bashi et al [4] que considera la función logística y spline-cúbico en la determinación del tiempo óptimo de duración de una campaña publicitaria. Esta investigación contribuye al ámbito de apoyo en la decisión de analizar la eficacia de nuevos enfoques en la determinación de la duración óptima de las promociones en servicios educativos.

Palabras Claves: Difusión de la información, campaña publicitaria, Monte Carlo, función logística y Spline Cubico.

ABSTRACT

The study tries to build a decision support system that seeks to maximize the benefits of educational service promotions in Peruvian universities by developing a mathematical model to determine the optimal duration of an advertising campaign based on the dissemination of information in a social group proposed by Çetin [1]. The model is exploratory that follows the guidelines of the non-normal distribution, the simulation coefficient is calculated from the equation that relates the number of people who know the information in a time t difference from Çetin [1] that applies the Monte Carlo simulation for the calculation of the coefficient, instead of the classical solution proposed by Hanna et al, Chi et al and Flores-Bashi et al [2,3,4]. The model targets the total profit that is solved as an unconstrained optimization and an integer nonlinear programming model. The optimal time depends on the diffusion coefficient, the size of the population, the cost of the ad per unit of time, the unit price and the discount rate. The optimal moment is located at the crossing of the discount line and the growth rate curve of the objective function. We compare our results based on the dissemination of information with the one proposed by Flores-Bashi et al [4] that considers the logistic and spline-cubic function in determining the optimal duration of an advertising campaign. This research contributes to the scope of support in the decision to analyze the effectiveness of new approaches in determining the optimal duration of promotions in educational services.

Keywords: Dissemination of information, advertising campaign, Monte Carlo, logistics function and Cubic Spline.

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una oferta creciente de servicios educativos en la forma de cursos de extensión, muchas de ellas auspiciadas por universidades tanto públicas como privadas, esto conlleva a que los directores de unidades de negocios de las universidades deban idear campañas de publicidad equilibradas, lo cual implica la selección del medio publicitario adecuado, análisis del mercado objetivo y la utilización adecuada del presupuesto publicitario disponible, una campaña publicitaria efectiva es importante para el éxito de un servicio educativo y en este sentido la duración óptima de una campaña es un aspecto crucial a considerar. El enfoque matemático de diferentes investigadores respecto a este tema es un punto de discusión vigente y es el motivo del presente estudio.

Muchos sitios web de compras por internet han establecido límites de tiempo o fecha límite para las promociones de venta. Hanna et al [2] identificó dos fuerzas opuestas que influyen en compras por internet: la conciencia y la urgencia. Çetin [1] desarrolló un modelo matemático para determinar la duración óptima de una campaña de publicidad basada en la difusión de la información en un grupo social, se calculó el coeficiente de difusión a través de la simulación Monte Carlo. Otros autores como Chi et al y Flores-Bashi et al [3,4] lo que han hecho es tomar como base el modelo de Hanna et al [2] para proponer un modelo de optimización del tiempo de una campaña de publicidad en el primer caso proponiendo una función hiperbólica y el segundo la función logística y spline cúbico además de incluir una variable adicional como es la idiosincrasia.

Respecto al estudio de las campañas publicitarias el estado del arte muestra tres enfoques para el desarrollo del análisis y estos son:

- Modelos predictivos de comportamiento de navegación Li et al, Danaher y Aksakalli [5,6,7].
- Modelos de Optimización de duración de campaña promocional basados en la conciencia, urgencia e idiosincrasia Hanna et al, Chi et al y Flores-Bashi et al [2,3,4].
- Modelos de optimización de duración de campaña publicitaria basados en la difusión Çetin y Nikolopoulos [1,8].
- Momento óptimo de lanzar un comercial Ossa [9].
- Momento óptimo de entrada al mercado representantes García et al [10].
- Duración de una campaña promocional Boca a Boca Aggarwal et al [11].
- Duración óptima basada en la tecnología Bollinger et al y More et al [12,13].

El estudio tiene como objetivo desarrollar para servicios educativo peruanos específicamente cursos de extensión de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima Perú, la determinación de la duración óptima de una campaña de publicidad a través de difusión de la información y comparar sus resultados con el modelo propuesto por Flores-Bashi et al [4] que considera además de la variable conciencia y urgencia la idiosincrasia y utiliza como modelos matemáticos la función logística y spline-cúbico.

1.1. La difusión de la información.

La teoría de la difusión de la información ha sido utilizada en una variedad de áreas de investigación incluyendo la educación, sociología rural, la antropología y la comercialización Çetin [1]. En la teoría de difusión, los elementos de difusión, los atributos de la innovación y las etapas de los modelos de adopción son los más importantes. Desde el punto de vista de los elementos del modelo de difusión hay cuatro elementos: la innovación, la comunicación, la estructura social y el tiempo.

Los atributos de una innovación explican las características que pueden influir en la aceptación o rechazo. Las etapas de la adopción se desarrollarán en tres etapas principales como la conciencia, el juicio y la aceptación es un hecho que el conocimiento de una innovación es una parte importante del modelo. En el proceso de difusión se busca que una persona tome conciencia de una innovación y comunique este conocimiento a otra persona que a su vez se comunica con otras y así sucesivamente, es así como la innovación se extiende o difunde Chatman [14]. Aunque la investigación de la difusión se ha centrado en la difusión de innovaciones tecnológicas, las nuevas ideas se incluyen como novedades. Por lo tanto, es normal aceptar la información acerca de algo ordinario, así como la innovación. Con el fin de aplicar la teoría de la difusión a la información como a la innovación, es necesario una modificación en la teoría realizando un cambio en la definición de innovación por información Ossa [9].

Algunos investigadores han encontrado que, en la etapa de toma de conciencia, la exposición de los medios de comunicación es un factor que contribuye a la aceptación de innovaciones Chatman [14]. Los medios de comunicación de masas pueden ayudar enormemente en el proceso de difusión Oskam et al [15]. Por ejemplo, en una campaña de caminatas para prevenir la diabetes, los líderes del sedentarismo fueron reclutados como voluntarios por la publicidad en medios de comunicación locales Bjaras et al [16]. Se observa en la investigación de la difusión de la información que los canales interpersonales de comunicación juegan un mayor papel que los medios de comunicación Chatman [14]. En realidad, estos dos factores se fusionan. Por lo tanto, la difusión de la información y los medios de comunicación como una herramienta de publicidad se pueden combinar en un modelo de campaña de publicidad. Como ejemplo de la relación entre la información y las ventas

Tonks [17] que muestra que la demanda de información por parte del cliente se presenta como una función sigmoide de la curva de difusión de las ventas totales del producto.

Un medio de comunicación es un sistema técnico utilizado para poder llevar a cabo cualquier tipo de [comunicación](#). Raffino [18]. Este término refiere normalmente a aquellos medios que son de carácter masivo, es decir, aquellos que brindan [información](#) o contenidos a las masas, como la televisión o la radio. Sin embargo, existen medios de comunicación que no son masivos sino interpersonales. Los medios interpersonales son aquellos que facilitan la comunicación entre las [personas](#), por ejemplo: el teléfono.

Los individuos y las [comunidades](#) acceden a los diferentes medios masivos de comunicación para tener material informativo que describa, explique y analice [datos](#) y acontecimientos de diversos tipos (políticos, económicos, sociales o culturales) a nivel local o mundial. A su vez, los individuos acceden a los medios interpersonales para comunicarse entre individuos o grupos. medios de comunicación han tenido un rol preponderante dentro del [desarrollo humano](#) y de las sociedades. Su principal objetivo ha sido ofrecerse como canal a través del cual las personas se comunican u obtienen información.

El desarrollo matemático del modelo de la difusión de la información lo explicamos en las siguientes secciones a partir del análisis de Çetin [1].

1.1.1 Modelo fundamental de la difusión de la información.

El modelo fundamental de la difusión de la información, en un grupo social $P > 0$ se presenta como una ecuación diferencial donde $N(t)$ es el número de personas que conocen la información específica y $k > 0$ es el coeficiente de difusión que puede obtenerse de observaciones históricas de un grupo social específico.

$$\frac{dN(t)}{dt} = k(P - N(t)) ; N(0) = 0 \quad (1)$$

El número de personas que conocen la información específica en un tiempo $t \geq 0$, se encuentra resolviendo la Ecuación (1) y que es:

$$N(t) = P(1 - e^{-kt}) \quad (2)$$

1.1.2 Optimización de la difusión de información.

Se espera que sea a un nivel máximo para difundir cualquier información en un grupo social particular. En otras palabras, es razonable para maximizar el número de personas que conocen la positiva información en la vida de un grupo social, con el fin de optimizar, es necesario considerar una tasa de descuento $r > 0$. Por lo tanto, el valora actual de $N(t)$ se puede calcular como.

$$A(t) = N(t)e^{-rt} = P(1 - e^{-kt})e^{-rt} \quad (3)$$

Observación 1: Desde el punto de vista matemático, la función $A(t)$ es positiva para todo $t > 0$, infinitamente derivable. Los puntos críticos, donde se realizan los máximos y mínimos, son aquellos para los cuales se tiene:

$$A'(t) = \frac{dA(t)}{dt} = 0 \quad (4)$$

Tomando el logaritmo natural de ambos lados de Ecuación (3) se obtiene:

$$\ln(A(t)) = \ln(P) + \ln(1 - e^{-kt}) + \ln(e^{-rt}) \quad (5)$$

Derivando se obtiene

$$\frac{1}{A(t)} A'(t) = \frac{ke^{-kt}}{1 - e^{-kt}} - r \text{ luego } A'(t) = A(t) \left(\frac{ke^{-kt}}{1 - e^{-kt}} - r \right) = 0 \quad (6)$$

Como $A(t) > 0$ para $t > 0$, entonces $\frac{ke^{-kt}}{1 - e^{-kt}} - r = 0$ de aquí $ke^{-kt} + re^{-kt} = r$.

$$\text{Despejando } t \text{ se tiene } t^* = \frac{1}{k} \ln\left(\frac{r+k}{r}\right) \quad (7)$$

Como $k, r > 0$ se concluye que $t^* > 0$, independientemente de los valores de k, r positivo. De otro lado

$$A''(t) = A'(t) \left(\frac{ke^{-kt}}{1 - e^{-kt}} - r \right)^2 + A(t) \frac{k^2 e^{-kt}}{(1 - e^{-kt})^2} (1 + e^{-kt} - ke^{-kt}) \quad (8)$$

reemplazando en Ecuación (8) t por t^* se tiene que el primer sumando del lado derecho se anula, por que $A'(t^*) = 0$, en el segundo sumando los dos primeros factores son positivos y el tercer factor es:

$$(1 + e^{-kt^*} - ke^{-kt^*}) = -\frac{k(1+r)}{r+k} < 0 \quad \text{y de aquí } A''(t^*) < 0$$

En consecuencia, por el criterio de la segunda derivada, se establece que $t = t^*$ corresponde a máximo local de la función $A(t)$. Este valor de t es el momento óptimo para la difusión de la información. Este es el número de personas, que son conscientes de la información específica, es máximo en ese momento. Como se ve, el tiempo óptimo depende de k coeficiente de difusión y la tasa de descuento r . Es interesante ver que el tiempo óptimo es independiente de la población P . La tasa descuento r se puede interpretar como la tasa de interés según la política monetaria. El tiempo t^* que da el óptimo del valor actual de la población es importante para el tomador de decisiones porque el podrá usar el libremente los valores de la tasa de descuento r y el coeficiente de difusión k del proceso de información, tomando en cuenta lo explicado en Ecuación (7).

2. EL DESARROLLO DEL MODELO

Supongamos que una campaña publicitaria para un tipo específico de producto (bienes o servicios) a una población objetivo (personas de una región en particular) comienza en el tiempo $t=0$. Suponga también que la empresa gasta en herramientas de publicidad como la televisión local, radio, etc. Impresiones en un flujo de caja fija (\$ a / unidad de tiempo) y que la empresa tiene un costo total (\$ C), incluido el costo de compra total de todos los productos que se desea vender y cualquier otro costo independiente del tiempo. Hay también otros supuestos que el número de personas en la región que tiene información sobre el producto de los anuncios y decidió comprar el producto se modela mediante la difusión de procesos de información y que hay suficientes productos para satisfacer la demanda. Bajo estos supuestos, una función objetivo a ser maximizada se puede escribir como

PV del beneficio total = PV del total de ingresos -VAN del costo del anuncio -C

Sea α el precio asociado a la venta de una unidad del producto la población de la región en la que se realiza la campaña de publicidad, $N(t)$ el número de productos vendidos durante la campaña de publicidad, $r > 0$ el descuento caso, $k > 0$ el coeficiente de difusión de la gente de la región, no será una unidad de tiempo (por ejemplo, día, etc.), no es necesario pero suponemos, $t > 0$, t^* el valor del momento óptimo es decir, la duración óptima de la campaña de publicidad, $R(t)$ el total de ingresos en el tiempo t .

Los ingresos totales por el tiempo es $R(t) = \alpha P(1 - e^{-kt})$ y luego se obtiene el valor presente de los ingresos totales de $VA(t) = R(t)e^{-rt}$ por el descuento continuo, desde la empresa pasa un flujo de caja fija como el costo de la publicidad, que a la luz de las consideraciones anteriores, la función objetivo se convierte en:

$$\int_0^t ae^{-rt} dt = \frac{a}{r}(1 - e^{-rt}) \quad (9)$$

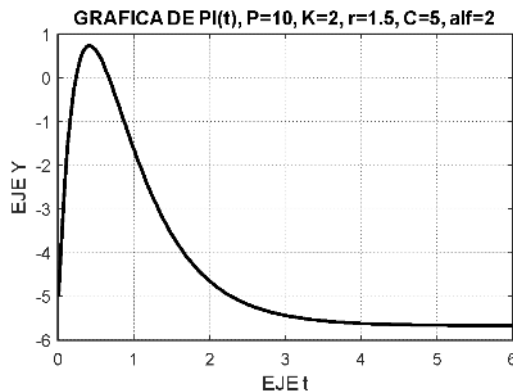
A la luz de las consideraciones anteriores, la función objetivo se convierte en:

$$\pi(t) = R(t)e^{-rt} - \frac{a}{r}[1 - e^{-rt}] - C \quad (10)$$

entonces lo que implica,

$$\pi(t) = [R(t) + \frac{a}{r}]e^{-rt} - \frac{a}{r} - C \quad (11)$$

Observación 2: La función $\pi(t)$ es infinitamente derivable. Los puntos críticos, donde se realizan los máximos y mínimos locales, son aquellos para los cuales se tiene $\pi'(t) = 0$.

Figura 1 Función $\pi(t)$ máximo

Pero:

$$\pi'(t) = R'(t)e^{-rt} - r\left[R(t) + \frac{a}{r}\right]e^{-rt} \quad (12)$$

$$\pi'(t) = [R'(t) - rR(t) - a]e^{-rt} \quad (13)$$

Luego $\pi'(t) = 0$ si y solo si $R'(t) - rR(t) - a = 0$; de aquí

$$R'(t) = rR(t) + a \quad (14)$$

Tomando en cuenta que $R(t) = \alpha P(1 - e^{-kt})$ se tiene en Ecuación (14) $\alpha k P e^{-kt} = r\alpha P(1 - e^{-kt}) + a$;

de aquí $e^{-kt} = \frac{arP+a}{\alpha P(k+r)}$ y $-kt = \text{Ln}\left(\frac{arP+a}{\alpha P(k+r)}\right)$.

Luego $t^0 = \frac{1}{k} \text{Ln}\left[\frac{\alpha P(k+r)}{arP+a}\right]$ es el punto crítico de $\pi(t)$, y $t^0 > 0$, siempre que (15)

$$\frac{\alpha P(k+r)}{arP+a} > 1 \quad \text{o sea si } \alpha k P > a \quad (16)$$

Nuevamente aplicando el criterio de la segunda derivada se tiene:

$$\pi''(t) = [R''(t) - rR'(t)]e^{-rt} + [R'(t) - rR(t) - a](-r)e^{-rt} \quad (17)$$

Evaluando $\pi''(t)$ en el punto crítico t^0 , el segundo corchete de Ecuación (16) se anula. En el corchete del primer sumando se tiene:

$$R''(t^0) - rR'(t^0) = -\alpha k^2 P e^{-kt^0} - r\alpha k P e^{-kt^0} = -\alpha k P e^{-kt^0} (k+r) < 0 \quad (18)$$

Entonces, por el criterio de la segunda derivada, se establece que $t = t^0$ corresponde a máximo local de la función $\pi(t)$; es decir maximiza la función de beneficio total. Esto significa que la óptima duración de la campaña de publicidad para maximizar el beneficio total es t^0 unidades de tiempo. Después de este tiempo con respecto a la tasa de descuento, el beneficio total disminuye en el tiempo. Por lo tanto, es una decisión irracional mantener la campaña de publicidad después de este tiempo.

3. UN CASO ILUSTRATIVO

Esta es una aplicación hipotética de la siguiente manera: Una unidad de negocios de una universidad pública quiere implementar una campaña publicitaria, que se realiza por internet y afiches con un gasto fijo de S/. 10 como el costo de la publicidad se cuenta con una población de 12549 estudiantes. La unidad de negocio tiene previsto fijar el precio del servicio educativo, que generalmente es un curso de extensión S/.400.00 por cada participante. El servicio cuenta con suficiente capacidad para satisfacer la demanda. El total del costo adicional a la publicidad es de S/2500. Si el interés actual tiene un valor de 5%, determinar a continuación la duración óptima de la campaña de publicidad en términos de número de días. ¿Cuál es el valor entero de la duración óptima de la campaña?

3.1 Estimación del coeficiente de difusión

En la Tabla 1 se muestran datos respecto a los participantes en campañas de promoción de Instituto de Calidad de la FIIS UNI entre el año 2011 al 2019, si consideramos el promedio de alumnos que participaron por día durante 30 días de campaña del Instituto de Calidad de la FIIS UNI resulta la información presentada en la Tabla 2, donde t estaría dado por los días del 1 al 30 y $N(t)$ por el promedio de participantes por día aplicando esta información en la Ecuación 2 obtenemos el valor de k coeficiente de difusión, que conjuntamente con la data de la Tabla 3 y aplicando la fórmula de la Ecuación 15 permite calcular el t^0 tiempo que maximiza la función utilidad, la herramienta empleada en este caso fue el Matlab.

Tabla 1 Participantes de cursos con campaña de Promoción de 30 días en IGC-FIIS

Curso Programado / Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
XII Programa SIG de Gestion de la Calidad (14/04/2019)																														11
XI Programa SIG de Gestion de la Calidad (12/08/2018)																						1								9
VIII Programa SIG de Gestion de la Calidad (25/06/2017)																	2			1	1						2		8	
VII Programa SIG de Gestion de la Calidad (02/10/2017)																3	8	4	5						2				9	
VI Programa SIG de Gestion de la Calidad (05/02/2017)																					1			1	1	3	5	1	6	
Curso Sistemas Integrados de Gestion (29/01/2012)																					4	5	3		6		11	5	16	
Taller de Sistemas Integrados de Calidad (28/08/2011)																								2	4	4	3	11	9	20

Fuente: Instituto de Gestion de la Calidad - FIIS UNI

Tabla 2 Promedio de participantes en un día por mes

Programas de cursos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Promedio /día (Participantes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	3	12

Tabla 3 Estimación de k y datos para determinación del tiempo c

Coefficiente de difusión k	2.96508E-06
tasa de descuento ®	0.05
Tiempo óptimo (t*)	7.966
Población (P)	12065
Número de productos vendidos (N)	31
Costo de compras de productos (C)	2500
Flujo de caja fija por día (a)	10
Precio (α)	400
Ingreso total	12400
Costo total	2900
Beneficio total (objetivo)	9500

$$t^o = \frac{1}{k} \ln \left[\frac{\alpha P(k+r)}{\alpha r P + a} \right]$$

$$= \frac{1}{2.96508E-06} \ln \left(\frac{400 * 12065 * (2.96508E-06 + 0.05)}{400 * 0.05 * 12065 + 10} \right)$$

$$t^o = 7.966 \text{ días}$$

4. MODELO COMPARATIVO

4.1 Arquitectura del sistema

Nosotros proponemos un sistema de soporte de sistema de decisión, como en la Figura 2 donde se muestra una variante al modelo propuesto por Hanna et al. [2] en la cual se observa como primer elemento los parámetros de cálculo de decisión. Segundo el modelo matemático que utiliza la derivada de la función que se ayuda del Matlab, Un tercer elemento es la salida que nos lleva a determinar el tiempo límite óptimo de una promoción que maximiza la respuesta a las ventas.

4.2. Consideraciones

1. El sujeto de investigación son unidades de negocios que brindan servicios educativos de cursos presenciales sin limitante de capacidad.
2. El tiempo límite lo definimos respecto a servicios educativos promocionados a través de internet y afiches.
3. Asumimos que la función de la variable urgencia es una función hiperbólica en forma de S
4. Respecto a los precios se asume que no varían en el periodo de promoción.
5. El propuesto es un sistema de decisión de maximización de un solo periodo y oferta única.
6. Tiempo límite ofrecido, así como todos los demás parámetros de la oferta es constante.

4.3 Sistema desarrollado

La meta es maximizar el beneficio de la promoción de servicios educativos, Sea t el tiempo límite en días para el producto promocionado D , el descuento y M el precio establecido para el curso programado en soles. El beneficio neto unitario para el ofertante de servicios educativos se representa como una función de tiempo límite $\pi(t)$ que puede calcularse multiplicando el margen de ganancia por unidad $(M-D)$ por la tasa de respuesta $R(t)$, esto se expresa como en Hanna et al [2].

$$\pi(t) = (M - D)R(t) \tag{19}$$

Donde $\pi(t)$: Utilidad
 $(M - D)$: Margen de ganancia
 $R(t)$: Tasa de respuesta

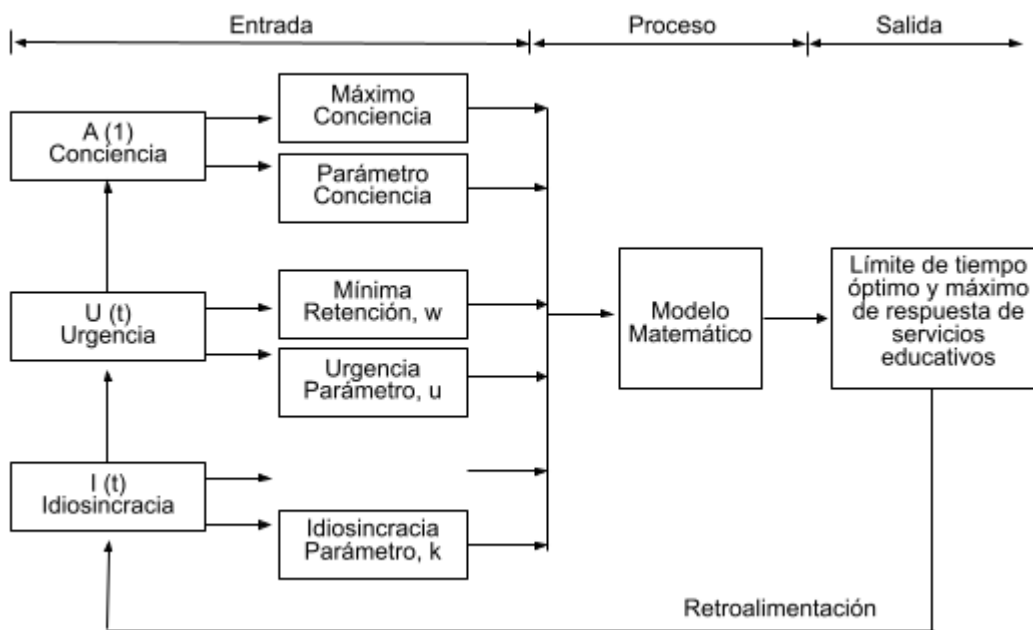


Figura 2 Arquitectura del sistema propuesto de decisión

4.4 La función conciencia

Según Chi et al [3] la primera fuerza de nuestro sistema es la conciencia de una oferta $A(t)$, la cual es una función creciente con respecto al tiempo límite de promoción, cuanto más tiempo pasa los posibles compradores son más conscientes de la información del producto en los requerimientos de servicios educativos. Si solo hay una fuerza en las promociones y las otras condiciones no cambian la respuesta (o matrículas) se ven afectadas por el conocimiento de la promoción.

En la Ecuación 20 existe un coeficiente c que convierte la toma de conciencia de la promoción en respuesta (matrículas) este coeficiente varío en el siguiente rango $0 < c < 1$. El coeficiente c depende del curso que se promociona, precio, descuento, y otras condiciones de la promoción.

$$R(t) = c.A(t) \tag{20}$$

$A(t)$ inicialmente es una función convexa que se incrementa a un ritmo creciente. Después de un cierto punto de inflexión $A(t)$ se convierte en una función cóncava que aumenta con una tasa decreciente. Hanna et al [2] considera $A(t)$ solo como una función cóncava, sin la parte convexa. Sin embargo, Chi et al [3] considera que cuando el producto se promociona en internet los clientes suelen ser conscientes de la información más rápidamente al comienzo de la promoción, pasado el punto de inflexión en los clientes (acumulativos) siguen aumentando la conciencia, pero con una disminución de la tasa. En el caso de servicios educativos consideramos que el modelo se acerca más al de Chi, et al [3].

$$A(t) = z[1 + \tanh\left(\frac{t-a}{2}\right)] \tag{21}$$

Donde z es el máximo porcentaje de conscientes (i.e punto de saturación) y a es el parámetro de conciencia. Cuando $t \rightarrow \infty$, $A(t) \rightarrow 2z$. que está representada en la Figura 3.

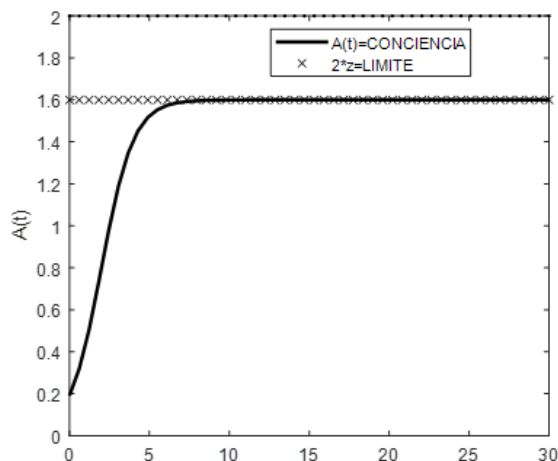


Figura 3 Conciencia como función del tiempo

4.5 La función urgencia

La segunda fuerza de nuestro sistema es la urgencia de una oferta promocional $U(t)$ que es una función decreciente con respecto a la promoción en función del límite de tiempo t , Dhar et al [19] se observa que la presión del tiempo disminuye el aplazamiento de la elección. Los compradores sienten que no es urgente comprar el producto promocionado si t es largo, incluso algunos desisten de comprar Blattberget al [20] señalan que la falta de urgencia reduce la respuesta. Hanna et al [2] hace un modelo explícito de la urgencia de una oferta. Sea $U(t)$ el porcentaje de los que conocen la oferta y son retenidos debido a la urgencia (clientes no perdidos por falta de urgencia) donde $0 \leq U(t) \leq 1$. Luego $R(t)$ viene dada por dos fuerzas opuestas.

$$R(t) = c \cdot A(t) \cdot U(t) \quad (22)$$

Chi et al [3] propone un modelo de $U(t)$ como una función hiperbólica propuesta por:

$$U(t) = (1 - w) \left[1 - \tanh\left(\frac{t-u}{2}\right) \right] + w \quad (23)$$

Donde w es el porcentaje que no se pierde (es decir se retiene). Cuando $t \rightarrow \infty$, $U(t) \rightarrow w$

donde $0 < w < 1$ y u es el parámetro de urgencia, $U(t)$ se representa en la Figura 4.

En el caso de servicios educativos el efecto es similar al que plantea Chi et al debido a que los compradores una vez que toman conocimiento del curso a ofertar, posponen la decisión de compra hasta el último momento, por lo que el nivel de w es mucho más alto que la realidad norteamericana y china debido a un tema cultural.

4.6. La función Idiosincrasia

La tercera fuerza para considerar en nuestro sistema es la función idiosincrasia que se basa en un fenómeno cultural del Perú y algunos países latinoamericanos, en los cuales se observa la tendencia de dejar para último momento la decisión de comprar un producto o servicio, consideramos que $I(t)$

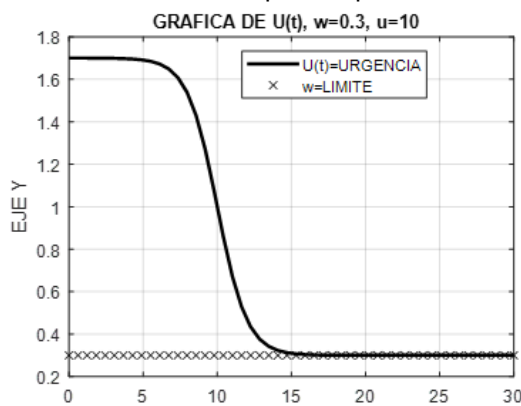


Figura 4 Urgencia como función del tiempo

debe ser una función creciente como la función logística.

$$I(t) = \frac{I_0 k e^{rt}}{k + I_0 (e^{rt} - 1)} \quad \text{para todo } t \geq 0 \quad (24)$$

$$I(0) = \frac{I_0 k e^0}{k + I_0 (e^0 - 1)} = I_0 \quad \text{para } t = 0 \quad (25)$$

Cuando $t \rightarrow \infty$, se ve muy fácilmente que $I(t) \rightarrow k$

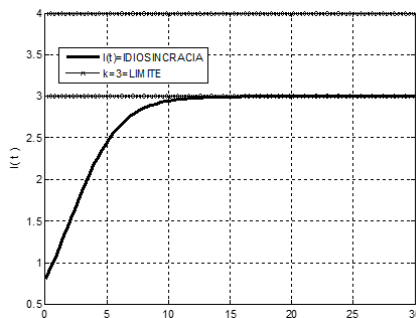


Figura 5 La función idiosincrasia

5. LA FUNCIÓN RESPUESTA

Expresamos la función $R(t)$ explícitamente con las tres fuerzas $A(t)$, $U(t)$ e $I(t)$ cuyo resultado se observa en la Figura 5. Cuando $t \rightarrow \infty$, se ve muy fácilmente que $R(t) \rightarrow c. z. w. k$, donde la función idiosincrasia lo representamos primero por la función logística ver Ecuación (8) y luego por la función Spline Cubico ver Ecuación (10) que interpola los promedios de inscritos según Tabla 1.

$$R(t) = c. z. \left[\frac{1 + \text{tanhtanh}((t-a))}{2} \right] \cdot \left[\frac{1 - \text{tanhtanh}((t-u))}{2} + w \right] \cdot \left[\frac{I_0 k e^{rt}}{k + I_0 (e^{rt} - 1)} \right] \quad (26)$$

Reemplazando la ecuación (26) en (19) se obtiene:

$$\Pi(t) = (M - D) \left[c. z. \left[\frac{1 + \text{tanhtanh}((t-a))}{2} \right] \cdot \left[\frac{1 - \text{tanhtanh}((t-u))}{2} + w \right] \right] \left[\frac{I_0 k e^{rt}}{k + I_0 (e^{rt} - 1)} \right] \quad (27)$$

Figura 6 La utilidad con Idiosincrasia=Logística

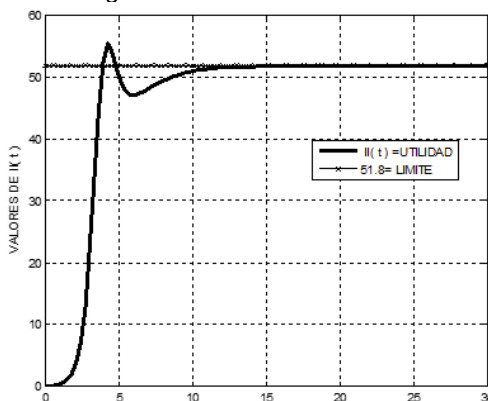


Figura 6 La utilidad con Idiosincrasia=Logística

El máximo de la función $\pi(t)$ es 55.4050 y se produce en el tiempo $t=4.2929$, esto es al 4to día cumplido y a las 7.02 horas del 5to día

$$R(t) = \left[c. z. \left[\frac{1 + \text{tanhtanh}((t-a))}{2} \right] \cdot \left[\frac{1 - \text{tanhtanh}((t-u))}{2} + w \right] \right] S(t) \quad (28)$$

Reemplazando Ecuación (10) en Ecuación (1)

$$\Pi(t) = (M - D) \left[c. z. \left[\frac{1 + \text{tanhtanh}((t-a))}{2} \right] \cdot \left[\frac{1 - \text{tanhtanh}((t-u))}{2} + w \right] \right] S(t) \quad (29)$$

Donde $S(t)$ es un **Spline Cúbico** definido para un conjunto de números reales: $x_0 < x_1 < \dots < x_m$ y un conjunto de puntos P_0, P_1, \dots, P_m en R^2 de la siguiente manera:

$$S(t) = P_j + (t - x_j)B_j + (t - x_j)^2 C_j + (t - x_j)^3 D_j$$

con t en $[x_j, x_{j+1}]$ y $j = 0, 1, 2, \dots, m - 1$, donde B_j, C_j, D_j son vectores que son hallados considerando las condiciones de interpolación $S(x_k) = P_k$, de la continuidad de $S(t), S'(t), S''(t)$ en el intervalo $[x_0, x_m]$ y además del cumplimiento de las condiciones de frontera $S''_0(x_0) = 0$, $S''_{m-1}(x_m) = 0$.

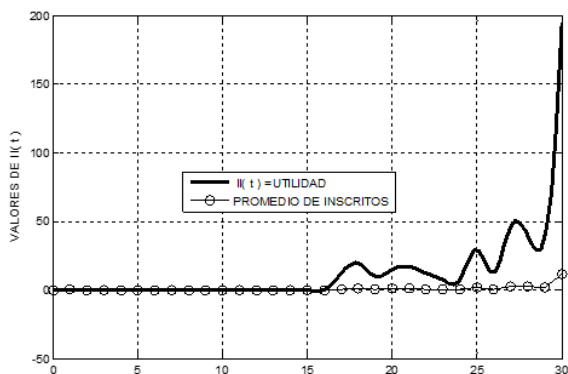


Figura 7 La utilidad con idiosincrasia = Splin Cubico

El máximo de la función Utilidad $\pi(t)$ es $\text{Max} = 195.0912$ y se produce en el último día $t=30$. Ahora se procede a graficar $\pi(t)$ solo en función de conciencia y urgencia de 0 a 30 días (ver Figura 8) para comparar con el resultado con el modelo que considera la idiosincrasia en sus dos variantes (función logística y Splin Cubico)

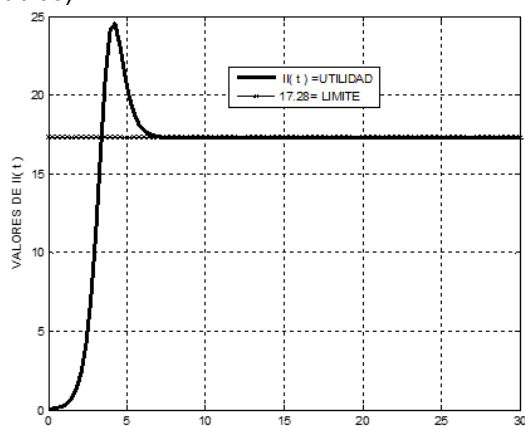


Figura 8 Utilidad en función conciencia y urgencia

Esto indica que el máximo de la función Utilidad $\pi(t)$ es $\text{Max} = 24.5475$ y se produce en el tiempo $t=4.2424$ (4 días cumplidos y 5.8 horas de 5to día)

6. CONCLUSIONES.

El presente estudio de carácter exploratorio que modela una campaña publicitaria para una unidad de negocio de una universidad pública del Perú que organiza cursos de extensión, a diferencia del estudio realizado por Çetin [1]. que considera una función normal en este caso la función es no normal pero aun así se puede calcular el tiempo óptimo de duración de una campaña publicitaria el resultado fue de $t^o = 7.966$ días a diferencia de los métodos basado en la función $R(t)$ explícitamente con las tres fuerzas $A(t), U(t)$ e $I(t)$ donde la función lo representamos primero por la función logística y luego por la función Spline Cubico.

El resultado de aplicar estas funciones fue que el máximo de la función $\pi(t)$ es 55.4050 se produce en el tiempo $t=4.2929$, esto es al 4to día cumplido y a las 7.02 horas del 5to día con función logística y con $\pi(t)$ $\text{Max} = 195.0912$ y $t= 30$ días la función Spline Cubico utilizando en ambos caso las variables conciencia , urgencia e idiosincrasia .Cuando se aplicó la data al modelo hiperbólico de chi et al[3] solo considerando las variables conciencia y urgencia el máximo de la función Utilidad $\pi(t)$ es $\text{Max} = 24.5475$ y se produce en el tiempo $t=4.2424$ (4 días cumplidos y 5.8 horas de 5to día).El análisis demuestra que los resultados obtenidos con la metodología que plantea Chi.et al [3] se asemejan al obtenido con la función logística en cuanto a la duración de la campaña que maximiza el beneficio, en cambio con la función spline cubico el tiempo que maximiza el beneficio es a los 30 días, lo cual a nuestro parecer se asemeja a la realidad de países como Perú y de Latinoamérica donde es muy usual posponer hasta el último momento la decisión de compra de un

bien o servicio, en este caso la idiosincrasia es un factor que se observa nítidamente en la función Spline Cubico por lo que es un factor a considerar.

7. REFERENCIAS.

- [1] Cetin, Eyüp. (2006). "Determining the optimal duration of an advertising campaign using diffusion of information" *Elsevier volume 173 1 Pages 430-442*. Ol: [10.1016/j.amc.2005.04.04](https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.04.04) Turquía
- [2] Hanna R.C. Berger P.D. and Abend Roth L.J. (2004). "Optimization Time Limits in retail Promotions: an e mail application" *Journal of Operational Research Society 56 15-24* doi [10.1057/palgrave.jors.2601804](https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601804) .EE.UU.
- [3] Chi Chiang a, *, Chiun-Sin Lin b, Shun-Peng Chin. (2011) "Optimizing time limits for maximum sales response in Internet shopping promotions Journal homepage" *Elsevier Volumen 38, Número 1, páginas 520-526*.China.
- [4] Flores-Bashi, Carlos; Barrutia Walter; Espinoza, Pedro. (2019). "Optimización del tiempo límite que incorpora la variable idiosincrasia que maximiza la respuesta a Promociones de servicios educativos". *Memorias del IV Congreso SCM Universidad Pontificia Javeriana -UNI P-435*. Perú
- [5] Li, S; Liechty, J.C.; Montgomery A. L. (2003) "Modeling Category Viewership of Web users with Multivariate Count Models". *Working Paper 2003-E25, Carnegie Mellon Graduate School of Industrial Administration. Pittsburgh* .EE.UU.
- [6] Danaher Peter J.; Rust, Roland T. (1996). "Determining the optimal return on investment for an advertising campaign" . *Elsevier, European Journal of Operational Research. Volumén 95 Número 3 páginas 511-521*. EE.UU.
- [7] Aksakalli, Vural. (2012). "Optimizing direct response in Internet display advertising" *Elsevier Journal Electronic Commerce Research and applications, Volume 11, Número 3, paginas 229-240*.Turquia
- [8] Nikolopoulos C.V.; Yannacopoulos A.N. (2009). "A model for optimal stopping in advertisement" *Elsevier Nonlinear Analysis: Real World Applications Vol 11 Páginas 1229-1242*. Grecia
- [9] Ossa, Rolando. (2012). "Cuál es el momento óptimo para lanzar los comerciales al aire: modelo asimétrico" *Tesis de Magister Economía UC Pontificia Universidad Católica*. Chile
- [10] García Villaverde, P.H.; Ruiz Ortega, M.J. (2006) "El Momento de entrada en el Mercado y la Generación de Ventajas Competitivas Sostenibles". *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa (IEDEE), Academia Europea de Dirección de la Empresa (AEDEM) Vol2 No 2 pp157-186*. España
- [11] Aggarwal, Remica; Chanda, U. (2017). "Optimal duration of Advertising Campaign for Successive Technology Generations Using Innovation Diffusion Theory". *International Journal of Occupational Research Volumén 28(3), páginas 415-428*. India
- [12] Bollinger, Bryan; Gillingham, Ken; Lamp, Stefan and Tsvetanov, Tsvetan. (2017). "Promotional Campaign Duration and Word-of-Mouth' Marketing Science", *Revista SSRN 3500933*.http://www.bryanbollinger.com/index/files/promotionduration_WOM.pdf. EE.UU.
- [13] More, J.S; Lingam, C. (2019). "A gradient-based methodology for optimizing time for influence diffusion in social networks" *Soc. New. Anal. Min. (2019) 9: 5*. <https://doi.org/10.1007/s13278-018-0548-4>.India
- [14] Chatman Elfreda A. (1986). "Diffusion theory and test of conceptual model in information diffusion", *Journal of the American Society for information Science 37 (6) 377-386*.EE.UU.
- [15] Oskam, Judy Barnes ; Hudson, Jerry C, (1999). "Media preference and believability among rural respondents for news and advertising information". *Elsevier. The Social Science Journal Vol.36 (2) paginas 285-298*. EE.UU.
- [16] Bjaras, Gunilla; Harberg Lotta Klinge, Sydhoff, Jenny, Ostenson, C. G. (2001). "Walking campaign: A model for developing participation in Physical activity? Experiences from tree campaign periods of the Stockholm Diabetes Prevention Program (SDPP)" *Patient Education and Counseling Volumen 42(1): paginas 9-14*. Suecia.
- [17] Tonks, Ian (2002). "The demand for information and the diffusion of Adolescent" *Health 31 4047 Journal of Industries organization 4 (1986) 397-408*. EE.UU.
- [18] Raffino, María Estela (2020) "Medios de Comunicación". <https://concepto.del.medio.de.comunicación>. Argentina
- [19] Dhar, R; Nowlis, S.M. (1999). "The effect of time pressure on consumer choice deferral" *Journal of Consumer Research – academic.oup.com. 25,369-384* .EE. UU
- [20] Blattberg, R.C.; Neslin S.A. (1993). "Sales promotions: concepts methods, and strategies" *Elsevier, Manuales de Investigación operativa de la gestión vol. 5 páginas 553-609* EE.UU.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú y al Instituto de Gestión de la calidad de la facultada de Ingeniería Industrial y de Sistemas por la información brindada para el presente estudio

Optimización del plan agregado de producción en la elaboración de conservas de pescado por programación lineal entera binaria

Ramos Angeles, Christian René *; Valdivia Camacho, Gloria Esther ⁽¹⁾

**Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería*

**Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina*

cramos@lamolina.edu.pe

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería

gvaldivia@uni.edu.pe

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló un modelo de programación lineal entera binaria para encontrar la solución óptima del plan agregado de producción de conservas de pescado de un proyecto industrial pesquero. Se comparó dos escenarios de planeación en un periodo de sesenta meses y se vio el efecto del modelo de pronóstico de la demanda de uno de los escenarios. En el primer escenario se utilizó el modelo de pronóstico de descomposición de series de tiempo aditivo de longitud estacional 12 y en el segundo escenario se utilizó los datos históricos mensuales del consumo interno de conservas de pescado, en ambos escenarios desde el año 2015 al 2019. Luego se construyó el modelo matemático del plan agregado de producción en una hoja de MS Excel de 540 variables de decisión y 482 restricciones, considerando dentro de las variables de decisión el número de contratados, número de despedidos, la fuerza de trabajo, el tiempo extra, el inventario, las unidades de desabasto, las unidades subcontratadas y la producción total para que satisfaga la demanda pronosticada. Se utilizó como herramienta de optimización el OpenSolver en la determinación del valor de las variables de decisión con el objetivo de minimizar el costo total del plan agregado de producción. Se realizó la prueba de hipótesis estadística de Levene para la igualdad de varianzas de los dos escenarios y se concluyó que los dos escenarios son diferentes, por lo tanto, el modelo de pronóstico de la demanda utilizado no permite obtener los mismos resultados que los datos históricos de la demanda en el plan agregado de producción.

Palabras Claves: Plan agregado de producción, optimización, programación lineal entera binaria.

ABSTRACT

In this research work, a binary integer linear programming model was developed to find the optimal solution for the aggregate canned fish production planning of an industrial fishing project. Two planning scenarios were compared in a period of sixty months and the effect of the forecasting model of the demand of one of the scenarios was seen. In the first scenario, the additive time series decomposition forecast model of seasonal length 12 was used and in the second scenario, the monthly historical data of domestic consumption of canned fish was used, in both scenarios from 2015 to 2019. Then the mathematical model of the aggregate production plan was built in an MS Excel sheet of 540 decision variables and 482 constraints, considering among the decision variables the number of hired, number of dismissed, the workforce, overtime, and inventory, stock-outs, outsourced units, and total production to meet forecast demand. The OpenSolver was used as an optimization tool to determine the value of the decision variables in order to minimize the total cost of the aggregate production planning. Levene's statistical hypothesis test was carried out for the equality of variances of the two scenarios and it was concluded that the two scenarios are different, therefore, the demand forecasting model used does not allow obtaining the same results as the historical data of demand in the aggregate production planning.

Keywords: Aggregate production planning, optimization, binary integer linear programming

1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo del presente trabajo de investigación es desarrollar un modelo de programación lineal entera binaria para encontrar la solución óptima del plan agregado de producción en la producción de conservas de pescado de un proyecto industrial pesquero. Se compara dos escenarios de planeación en un periodo de sesenta meses para ver el efecto del modelo de pronóstico de la demanda de uno de los escenarios. Las conservas de pescado es de caballa (*Scomber scombrus*) el cual se basa en una línea de producción con enfoque en el producto [1] para el estudio de ingeniería de un proyecto industrial pesquero.

Se utilizará el modelo de programación lineal entera binaria como método de optimización para minimizar el costo total que es la sumatoria de los costos del personal contratado, despedido, los que trabajan a tiempo regular y tiempo extra, inventario, desabasto, producción subcontratada y materiales.

Existen muchos aportes de autores que utilizan diversos métodos de optimización y heurísticos en la solución de los problemas de la planificación de la producción los cuales se detallan a continuación.

Paiva [2] presentó un modelo de optimización para la toma de decisiones en la planificación de la producción agregada de empresas de molienda de azúcar y etanol utilizando un modelo de programación de enteros mixtos cuyo objetivo era la mejora en la selección de los procesos industriales utilizados para la producción de azúcar, etanol y melaza, así como en la determinación de las cantidades de caña de azúcar triturada, la selección de proveedores de caña de azúcar y proveedores de transporte de caña de azúcar, y la estrategia de inventario del producto final.

Phruksaphanrat [3] propuso un modelo de planificación agregada de producción (PAP) con demanda difusa y capacidad variable para aumentar las ganancias, considerando inversión adicional en máquinas y equipos pequeños para resolver el problema de la limitación de la capacidad eliminando los cuellos de botella según la Teoría de Restricciones (TOC) y con ello lograr un rendimiento superior a los modelos de PAP convencionales.

Al-e-Hashem [4] propuso un modelo multiobjetivo para gestionar el riesgo para un modelo de PAP de múltiples periodos, múltiples productos y múltiples fábricas con tres funciones objetivos: la primera para minimizar los costos totales para establecer los niveles de inventario, los niveles regulares, de horas extra y de subcontratación, los niveles de pedidos pendientes y la mano de obra, la capacidad de las máquinas y el almacén; la segunda función objetivo minimiza la escasez máxima entre las zonas de los clientes y la última función objetivo que maximiza la productividad de los trabajadores utilizando como solución una modificación al método de ϵ -restricciones y un algoritmo genético.

Gasim [5] plantea un modelo PAP multiplanta y multiproducto para satisfacer una demanda determinista en un periodo de tiempo a corto plazo con una función multiobjetivo para maximizar el beneficio neto total con inversión limitada (presupuesto), espacio de almacenamiento limitado, capacidad de producción y recursos del empresa utilizando como método de solución la programación por metas preliminares (PMP) con diferentes escenarios, el cual también minimiza los costos totales de producción, inventario, transporte y artículos defectuosos con un patrón de transporte óptimo utilizando el programa LINGO.

Altendorfer [6] evaluó el efecto del error de pronóstico a largo plazo sobre el factor de utilización óptimo planificado para un sistema de producción con una demanda estocástica, además determinó los costos generales, incluidos los costos de capacidad, pedidos pendientes e inventario con simulación para sistemas de producción de múltiples etapas y artículos.

Linfati [7] propuso un modelo de programación entera mixta para la planificación táctica de la cosecha forestal, en donde se tomó en cuenta el reemplazo de productos, la diferenciación de rodales y canchas de trozado. Las instancias usadas disponen de hasta: 60 rodales, 25 canchas de acopio, 10 clientes, 8 periodos de planificación y 20 reglas de trozado. Considerando, hasta 260000 variables, 4,800 enteras y 10,000 restricciones y usando el software Cplex. En todos los casos, se obtuvo el óptimo y se verificó que a mayor número de reglas de trozado, el beneficio alcanzado también es mayor.

Entezaminia [8] desarrolló un modelo de optimización robusto para resolver un problema de planificación de producción agregada (PAP) de múltiples sitios, periodos múltiples y múltiples productos en una cadena de suministro verde considerando los centros de recolección y reciclaje potenciales bajo incertidumbre, integrando en el modelo la gestión de residuos, las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con los modos de transporte y los métodos de producción con el objetivo de minimizar las pérdidas totales de la cadena de suministro. Las fluctuaciones de la demanda y los parámetros de costos están sujetos a la incertidumbre empleando un conjunto de escenarios discretos para ilustrar las incertidumbres [8].

Vogel [9] compara los resultados de las optimizaciones de la planeación jerárquica de la producción (HPP) y la planeación de la producción integrada (IPP). En la HPP divide el proceso de planificación en subprocesos que se resuelven por separado en el orden de la jerarquía disminuyendo la complejidad y ajustándose a la estructura organizativa, pero a menudo la optimización de subproblemas conduce a resultados subóptimos para el problema general. En la IPP integra el PAP

y el programa de producción maestro (MPS). En los resultados se obtuvo que las soluciones en la IPP superó a la HPP.

Jamalnia [10] revisó una amplia literatura sobre metodologías de la administración de operaciones para tratar los PAP en presencia de incertidumbre clasificándolas en cinco categorías principales: programación matemática estocástica, programación matemática difusa, simulación, metaheurística y enfoque de razonamiento probatorio.

Es importante mencionar los métodos para determinar el plan agregado de producción, también conocido como la planificación de ventas y operaciones [11]. Los métodos gráficos utilizan pocas variables utilizando un enfoque de ensayo y error en donde no se logra una solución óptima [1]. También existen métodos bajo un enfoque matemático como lo son el método de transporte de programación lineal, que fue propuesto por Bowman [12], siendo una variación al método de transporte que se utiliza en la logística, en donde busca la solución óptima cuando considera niveles de inventario, tiempo extra y subcontratación, pero no así cuando se incluye el número de contrataciones y despidos, en ese caso se utilizará un modelo de programación lineal tradicional [1]. La regla de decisión lineal de Holt, Modigliani, Muth y Simon [13], minimiza los costos de la fuerza laboral, inventario, contrataciones, despidos y tiempo extra y que son representadas con funciones cuadráticas [1,13]. El modelado del comportamiento gerencial de Bowman [14] incluyen reglas de decisiones lineales del nivel de producción, demanda e inventario, tomando en cuenta coeficientes de suavizamiento α que van de $0 \leq \alpha \leq 1$ y que hace reflejar la experiencia del administrador en la toma de decisiones [1,15].

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Método propuesto.

El método que se propuso en el trabajo de investigación se muestra en la Figura 1, en donde los pasos a seguir es el de la obtención de los datos mensuales del consumo interno de conservas de pescado, la realización del pronóstico de los datos, implementación del PAP de los dos escenarios y hacer la comparación de los resultados.

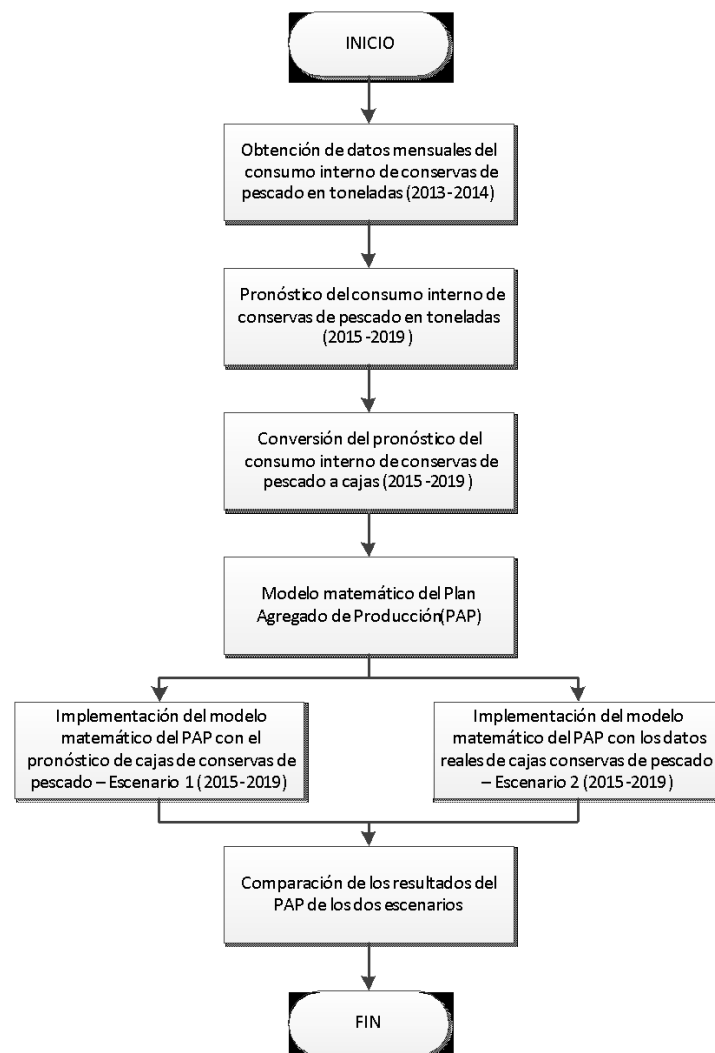


Figura 1 Método propuesto en el trabajo de investigación

Los datos mensuales del consumo interno de conservas de pescado en toneladas se extrajeron del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola del Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE) de los años 2013 y 2014 [16,17] y se utilizó el modelo de pronóstico de descomposición de series de tiempo aditivo de longitud estacional 12, el cual fue calculado con el programa Minitab con una proyección a sesenta meses, lo que equivale a cinco años (ver Figura 2). Con los datos mensuales y los pronósticos calculados de los años 2013 y 2014 se obtuvo el valor del error porcentual medio absoluto (MAPE) igual a 15%, la desviación media absoluta (MAD) igual a 588 y la desviación cuadrática media (MSD) igual a 1,005,377.

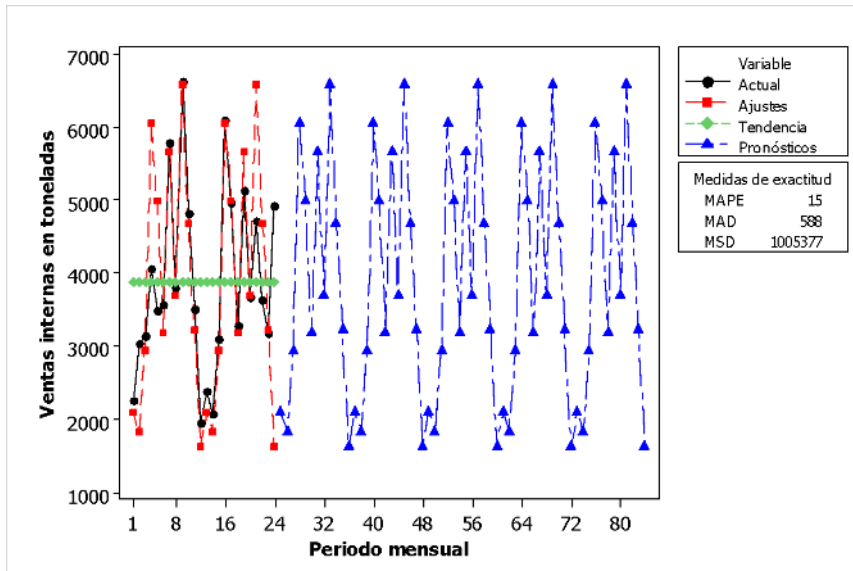


Figura 2 Pronóstico de la descomposición de la serie de tiempo del modelo aditivo

En la Figura 3 se muestra el pronóstico mensual del consumo interno de conservas de pescado en toneladas de los años 2015 al 2019 y su comparación con el consumo interno real de conservas de pescado en toneladas en el mismo periodo de tiempo [18–32].

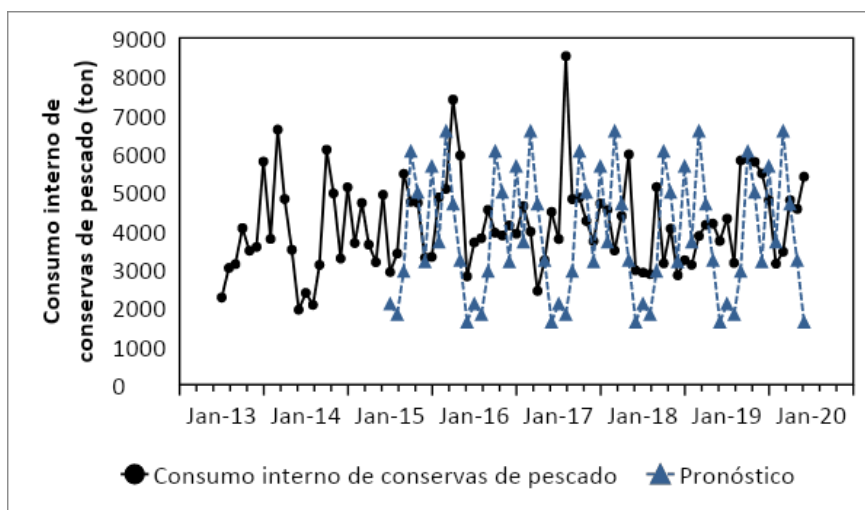


Figura 3 Consumo interno y pronóstico de conservas de pescado

Se planteó dos escenarios, el Escenario 1 se basó en los resultados del pronóstico del modelo de descomposición de series de tiempo aditivo estacional y el Escenario 2 con los datos reales de consumo interno de conservas de pescado. En ambos escenarios el periodo fue mensual desde el año 2015 al 2019.

En el cálculo de la demanda mensual de cajas de conservas de pescado D_t se consideró la participación del 1% del consumo interno y que el peso de una caja de conservas de pescado de 48 latas es de 10.08 kg. La demanda mensual de cajas de conservas de pescado D_t se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2 para los dos escenarios.

Se observa en la Tabla 1 un patrón de comportamiento anual en la demanda del Escenario 1 iguales en todos los años y se debe a que se utilizó en el pronóstico el modelo de descomposición de series de tiempo aditivo de longitud estacional 12.

Tabla 1 Demanda mensual de cajas de conservas de pescado del Escenario 1

Año 1	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0
Año 2	Mes											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0
Año 3	Mes											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0
Año 4	Mes											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0
Año 5	Mes											
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0

Tabla 2 Demanda mensual de cajas de conservas de pescado del Escenario 2

Año 1	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demanda (Dt)	2,90 2	3,37 7	5,42 8	4,71 1	4,68 3	3,26 8	3,29 0	4,82 1	5,04 0	7,33 8	5,90 7	2,78 6
Año 2	Mes											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Demanda (Dt)	3,66 5	3,77 0	4,50 1	3,91 2	3,84 0	4,10 1	3,88 6	4,60 0	3,94 2	2,41 4	3,20 4	4,44 9
Año 3	Mes											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Demanda (Dt)	3,74 9	8,45 8	4,77 4	4,81 3	4,21 3	3,70 0	4,66 5	4,50 3	3,45 5	4,34 1	5,93 0	2,94 4
Año 4	Mes											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Demanda (Dt)	2,88 7	2,84 7	5,08 9	3,12 5	4,01 8	2,81 7	3,20 4	3,08 5	3,82 9	4,11 7	4,14 7	3,70 0
Año 5	Mes											
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Demanda (Dt)	2,08 1	1,80 6	2,91 4	6,00 7	4,94 9	3,16 1	5,62 2	3,67 2	6,52 7	4,65 0	3,20 0	1,61 0

La construcción del modelo de programación lineal entera binaria del PAP se hizo en el programa MS Excel para el Escenario 1 y Escenario 2 para un horizonte de tiempo de sesenta meses. Posteriormente se hizo el análisis y comparación de los resultados de los dos escenarios.

2.2. Modelo matemático del plan agregado de producción.

El modelo matemático planteado del PAP es uno mejorado al propuesto por Chopra [33] en donde se definen las variables como sigue.

W_t = tamaño de la fuerza de trabajo para el mes t , $t = 1, \dots, 60$

H_t = número de empleados contratados al inicio del mes t , $t = 1, \dots, 60$

L_t = número de empleados despedidos al inicio del mes t , $t = 1, \dots, 60$

P_t = número de cajas de conservas de pescado producidas en el mes t , $t = 1, \dots, 60$

I_t = inventario de cajas de conservas de pescado al final del mes t , $t = 1, \dots, 60$

S_t = número de cajas de conservas de pescado en desabasto al final del mes t , $t = 1, \dots, 60$

C_t = número de cajas de conservas de pescado subcontratadas para el mes t , $t = 1, \dots, 60$

O_t = número de horas de tiempo extra trabajadas durante el mes t , $t = 1, \dots, 60$

D_t = demanda de cajas de conservas de pescado durante el mes t , $t = 1, \dots, 60$

2.2.1 Función objetivo.

La función objetivo consiste en minimizar la suma del costo de la mano de obra en tiempo regular, costo de mano de obra en tiempo extra, costo de contratación y despido, costo de inventario y desabasto y el costo de materiales y subcontratación [33].

El costo de la mano de obra en tiempo regular se muestra en la Ecuación (1) igual a 1,744 soles (S/ 10.9/hora x 8 horas/día x 20 días/mes) por mes.

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo regular} = \sum_{t=1}^{60} 1744W_t \quad (1)$$

El costo de mano de obra en tiempo extra es de 11.5 soles por hora y se presenta en la Ecuación (2).

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo extra} = \sum_{t=1}^{60} 11.5O_t \quad (2)$$

En la Ecuación (3) se muestra el costo de contratación del personal de 400 soles por trabajador contratado más el costo de despedir de 1,000 soles por trabajador despedido.

$$\text{Costo de contratación y despido} = \sum_{t=1}^{60} 400H_t + \sum_{t=1}^{60} 1000L_t \quad (3)$$

El costo de mantener inventario es de 30.94 soles por caja por mes y el costo de desabasto de 55 soles por caja por mes tal como se muestra en la Ecuación (4).

$$\text{Costo de mantener inventario y desabasto} = \sum_{t=1}^{60} 30.94I_t + \sum_{t=1}^{60} 55S_t \quad (4)$$

Los costos de materiales es de 119 soles por caja y el costo de subcontratación es de 140 soles por caja y se presenta en la Ecuación (5).

$$\text{Costo de materiales y subcontratación} = \sum_{t=1}^{60} 119P_t + \sum_{t=1}^{60} 140C_t \quad (5)$$

La función objetivo Z es de minimizar el costo total del PAP que se presenta en la Ecuación (6).

$$\begin{aligned} \text{MIN } Z = & \sum_{t=1}^{60} 1744W_t + \sum_{t=1}^{60} 11.5O_t + \sum_{t=1}^{60} 400H_t + \sum_{t=1}^{60} 1000L_t + \sum_{t=1}^{60} 30.94I_t \\ & + \sum_{t=1}^{60} 55S_t + \sum_{t=1}^{60} 119P_t + \sum_{t=1}^{60} 140C_t \end{aligned} \quad (6)$$

2.2.2 Restricciones.

La fuerza de trabajo en el periodo t es igual a la fuerza de trabajo en el periodo $t - 1$ más los contratados menos los despedidos en el periodo t tal como se observa en la Ecuación (7).

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (7)$$

En la Ecuación (8) el cálculo de la capacidad toma en cuenta la producción de un trabajador en tiempo regular igual a 177 cajas por mes y el tiempo de producción de una caja en tiempo extra igual a 1.013 horas.

$$P_t \leq 177W_t + \frac{O_t}{1.013} \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (8)$$

El balance de inventario se muestra en la Ecuación (9).

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (9)$$

El límite de tiempo extra por trabajador por mes es de 15 horas, tal como se plantea en la Ecuación (10).

$$O_t \leq 15W_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (10)$$

En la Ecuación (11) se presenta la restricción de la fuerza de trabajo máxima por mes de 35 trabajadores.

$$W_t \leq 35 \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (11)$$

La capacidad máxima por mes es de 6,200 cajas de conservas de pescado y se muestra en la Ecuación (12).

$$P_t \leq 6200 \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (12)$$

En la representación de la subcontratación máxima por mes, se consideran dos restricciones enteras binarias [34–36] y están dadas por la Ecuación (13) y Ecuación (14).

En la Ecuación (13), se asumió un valor de M muy alto igual a 10,000 cajas por mes.

$$C_t \leq M y_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \wedge y_t \in \{0, 1\} \wedge M > 0 \quad (13)$$

En la Ecuación (14) se muestra que si existe subcontratación en un periodo mensual, el mínimo será de 500 cajas. La variable y_t es binaria, si $y_t = 0$ significa que no hay subcontratación, si $y_t = 1$ significa que hay subcontratación con un valor mínimo de 500 cajas.

$$500 - C_t \leq 500(1 - y_t) \quad \forall t = 1, \dots, 60 \wedge y_t \in \{0, 1\} \quad (14)$$

El inventario final del último periodo es representado por la Ecuación (15).

$$I_t \geq 0 \quad t = 60 \quad (15)$$

En la Ecuación (16) se plantea la restricción del desabasto del último periodo.

$$S_t = 0 \quad t = 60 \quad (16)$$

El modelo del PAP contiene 540 variables de decisión, de las cuales 480 son enteras y 60 binarias, además de 482 restricciones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Tabla 3 se muestran los valores estimados de los parámetros que se consideró en el modelo del PAP, entre ellos el costo del material, el costo de mantener inventario en porcentaje y valor monetario, el costo marginal de desabasto, los costos de contratación y capacitación, los costos de despidos, la producción de un trabajador en cajas por mes, el tiempo de producción de una caja, el costo de tiempo regular, el costo de tiempo extra, el costo de subcontratar, las horas máximas de horas extras, las horas de trabajo por día y los días de trabajo por mes.

Tabla 3 Parámetros para el plan agregado de producción

Concepto	Valor del parámetro
Costo del material	119 soles por caja
Costo de mantener inventario en %	26%
Costo de mantener inventario	30.94 soles por caja por mes
Costo marginal de desabasto	55 soles por caja por mes
Costo de contratación	400 soles por trabajador
Costos de despidos	1000 soles por trabajador
Producción de un trabajador	177 cajas/mes/trabajador
Tiempo de producción de una caja	1.013 horas/caja
Costo de tiempo regular	10.9 soles por hora
Costo de tiempo extra	11.5 soles por hora
Costo de subcontratar	135 soles por caja
Máximo de horas extras por trabajador	15 horas/mes
Horas de trabajo por día	8 horas/día
Días de trabajo por mes	20 días/mes

El costo del material incluye el costo de la caballa fresca, aceite vegetal, sal y el envase que se requiere para una caja de conservas. El costo de mantener inventarios se estimó en 26% del costo del material y está compuesto por los costos en porcentaje generados por el edificio, costos por

manejo de materiales, costos por mano de obra, costos de inversión, robo y daño [1]. El costo de desabasto se debe a las ventas perdidas por no contar con inventario para responder a la demanda, es difícil de calcular por eso es subjetivo su valor [37]. El costo de contratación incluye la capacitación y la indumentaria a utilizar y el costo de despido es de un sueldo mínimo. Un trabajador produce 177 cajas por mes y se demora por caja 1.013 horas en tiempo regular. El costo a tiempo regular es de 10.9 soles por hora y el de tiempo extra de 11.5 soles por hora. El costo de subcontratar es de 135 soles por caja de conservas y es mayor al costo de materiales. El máximo de horas extras por trabajador es de 15 horas por mes. El régimen de trabajo es de 8 horas al día y 20 días al mes. Se corrió la solución del modelo del PAP en el MS Excel® con el OpenSolver, un motor de optimización de código abierto, para el Escenario 1 y 2 y los resultados de los dos escenarios se muestran en la Tabla 4 y Tabla 5, mostrando los valores de los contratados H_t , despedidos L_t , fuerza de trabajo a tiempo regular W_t , tiempo extra en horas O_t , inventario en cajas I_t , desabasto en cajas S_t , cajas subcontratadas C_t , y la producción total de cjas P_t .

En los dos escenarios mostrados en la Tabla 4 y Tabla 5 se pueden observar que en todos los periodos mensuales los valores del inventario I_t y desabasto S_t igual a cero hace que se reduzca la Ecuación (9) a la Ecuación (17) y con esto la demanda mensual será cubierta con la producción P_t y la subcontratación C_t en cada periodo t .

$$P_t + C_t = D_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (17)$$

También se cumple en cada periodo la siguiente relación entre el número de contratados H_t con el número de despedidos L_t : $H_t > 0 \wedge L_t = 0$, $H_t = 0 \wedge L_t > 0$ ó $H_t = 0 \wedge L_t = 0$.

Tabla 4 Plan agregado de producción del Escenario 1

Mes	Cantidad									Mes	Cantidad								
	H_t	L_t	W_t	O_t	I_t	S_t	C_t	P_t	D_t		H_t	L_t	W_t	O_t	I_t	S_t	C_t	P_t	D_t
1	1		1	13				2,08	2,08	31		2	31			1,59	4,02	5,62	
2	0	0	1	0	0	0	0	1,80	1,80	0	0	1	0	0	0	0	3,67	3,67	
3	6	0	7	0	0	0	0	2,91	2,91	2	0	2	40			1,34	5,17	6,52	
4	1		2	42				5,37	6,00	7		7	5	0	0	9	4,65	4,65	
5	0	0	8	0	0	0	0	4,94	4,94	0	0	9	0	0	0	0	3,20	3,20	
6	0	0	8	0	0	0	0	3,16	3,16	1		1	0	0	0	0	1,61	1,61	
7	3	0	1	31	5	0	0	4,02	5,62	1	0	1	13			0	2,08	2,08	
8	0	0	1	0	0	0	0	3,67	3,67	0	0	1	6	0	0	0	1,80	1,80	
9	6	0	7	40	5	0	0	5,17	6,52	0	0	7	0	0	0	0	2,91	2,91	
10	0	0	7	0	0	0	0	4,65	4,65	1		2	42			637	5,37	6,00	
11	0	8	9	0	0	0	0	3,20	3,20	0	0	8	0	0	0	0	4,94	4,94	
12	0	9	0	0	0	0	0	1,61	1,61	0	0	8	0	0	0	0	3,16	3,16	
13	1	0	1	13	6	0	0	2,08	2,08	3	0	1	5	0	0	5	4,02	5,62	
14	0	0	1	0	0	0	0	1,80	1,80	0	0	1	0	0	0	0	3,67	3,67	
15	6	0	7	0	0	0	0	2,91	2,91	2	0	2	40			1,34	5,17	6,52	
16	1		2	42				5,37	6,00	7		7	5	0	0	9	4,65	4,65	
17	0	0	8	0	0	0	0	4,94	4,94	0	0	9	0	0	0	0	3,20	3,20	
18	0	0	8	0	0	0	0	3,16	3,16	0	0	9	0	0	0	0	1,61	1,61	
19	3	0	1	31	5	0	0	4,02	5,62	1	0	1	13			0	2,08	2,08	
20	0	0	1	0	0	0	0	3,67	3,67	0	0	1	6	0	0	0	1,80	1,80	
21	6	0	7	40	5	0	0	5,17	6,52	0	0	7	0	0	0	0	2,91	2,91	

22	0	0	2	0	0	0	0	4,65	4,65	52	1	0	2	42	0	0	0	637	5,37	6,00
			7					0	0				8	0				0	0	7
23	0	8	9	0	0	0	0	3,20	3,20	53	0	0	8	0	0	0	0	0	4,94	4,94
			1					0	0				2					0	9	9
24	0	9	0	0	0	0	0	1,61	1,61	54	0	0	1	1	0	0	0	0	3,16	3,16
			1					0	0				8	0				0	1	1
25	1	0	1	13	6	0	0	2,08	2,08	55	3	0	2	31	5	0	0	1,59	4,02	5,62
			1					1	1				1	5				5	7	2
26	0	0	1	0	0	0	0	1,80	1,80	56	0	0	2	0	0	0	0	0	3,67	3,67
			1					6	6				1	0				0	2	2
27	6	0	7	0	0	0	0	2,91	2,91	57	6	0	2	40	5	0	0	1,34	5,17	6,52
			1					4	4				7	5				9	8	7
28	1	0	2	42	0	0	0	5,37	6,00	58	0	0	2	0	0	0	0	0	4,65	4,65
			8					0	7				7	0				0	0	0
29	0	0	2	0	0	0	0	4,94	4,94	59	0	8	1	0	0	0	0	0	3,20	3,20
			8					9	9				9	0				0	0	0
30	0	1	1	0	0	0	0	3,16	3,16	60	0	9	1	0	0	0	0	0	1,61	1,61
			8					1	1				0	0				0	0	0

Tabla 5 Plan agregado de producción del Escenario 2

Me s	Cantidad									Me s	Cantidad								
	H _t	L _t	W _t	O _t	I _t	S _t	C _t	P _t	D _t		H _t	L _t	W _t	O _t	I _t	S _t	C _t	P _t	D _t
1	1	7	0	1	0	0	0	2,90	2,90	31	4	0	2	36	5	0	0	4,66	4,66
2	3	0	2	0	0	0	0	3,37	3,37	32	0	0	2	16	5	0	0	4,50	4,50
3	9	0	2	37	3	0	0	5,42	5,42	33	0	5	2	0	0	0	0	3,45	3,45
4	0	0	2	0	0	0	0	4,71	4,71	34	1	0	3	0	0	0	0	4,34	4,34
5	0	2	2	0	0	0	0	4,68	4,68	35	0	0	3	45	4	0	0	5,93	5,93
6	0	8	1	0	0	0	0	3,26	3,26	36	0	1	1	0	0	0	0	2,94	2,94
7	0	0	1	0	0	0	0	3,29	3,29	37	0	0	1	0	0	0	0	2,88	2,88
8	9	0	2	0	0	0	0	4,82	4,82	38	0	0	1	0	0	0	0	2,84	2,84
9	1	0	2	0	0	0	0	5,04	5,04	39	1	0	2	39	8	0	0	5,08	5,08
10	5	0	3	48	5	0	0	1,13	6,20	40	0	0	2	0	0	0	0	3,12	3,12
11	0	0	3	18	8	0	0	5,90	5,90	41	0	0	2	0	0	0	0	4,01	4,01
12	0	7	1	0	0	0	0	2,78	2,78	42	0	1	1	0	0	0	0	2,81	2,81
13	5	0	2	0	0	0	0	3,66	3,66	43	2	0	1	70	0	0	0	3,20	3,20
14	0	0	2	0	0	0	0	3,77	3,77	44	0	0	1	0	0	0	0	3,08	3,08
15	3	0	2	35	2	0	0	4,50	4,50	45	4	0	2	0	0	0	0	3,82	3,82
16	0	2	3	0	0	0	0	3,91	3,91	46	0	0	2	22	6	0	0	4,11	4,11
17	0	1	2	0	0	0	0	3,84	3,84	47	0	0	2	30	8	0	0	4,14	4,14
18	0	0	2	21	3	0	0	4,10	4,10	48	0	0	2	0	0	0	0	3,70	3,70
19	0	0	2	0	0	0	0	3,88	3,88	49	0	0	2	20	8	0	0	4,27	4,27
20	2	0	2	36	0	0	0	4,60	4,60	50	0	4	3	1	0	0	0	3,13	3,13
21	0	0	4	0	0	0	0	3,94	3,94	51	1	0	3	41	5	0	0	5,77	5,77
22	0	1	1	0	0	0	0	2,41	2,41	52	0	0	3	15	1	0	0	5,81	5,81
23	6	0	2	0	0	0	0	3,20	3,20	53	0	0	3	71	0	0	0	5,73	5,73
24	5	0	2	34	8	0	0	4,44	4,44	54	0	0	2	0	0	0	0	5,43	5,43
			5					9	9				3					7	7

25	0	0	2	0	0	0	0	3,74	3,74	55	0	5	2	0	0	0	0	4,75	4,75
			5					9	9				7					2	2
26	4	0	2	40	0	0	3,24	5,21	8,45	56	0	9	1	0	0	0	0	3,11	3,11
			9	8			1	7	8				8					5	5
27	0	0	2	0	0	0	0	4,77	4,77	57	2	0	2	0	0	0	0	3,42	3,42
			9					4	4				0					3	3
28	0	0	2	0	0	0	0	4,81	4,81	58	6	0	2	23	0	0	0	4,75	4,75
			9					3	3				6	1				2	2
29	0	3	2	0	0	0	0	4,21	4,21	59	0	0	2	0	0	0	0	4,52	4,52
			6					3	3				6					4	4
30	0	3	2	0	0	0	0	3,70	3,70	60	2	0	2	41	0	0	0	5,35	5,35
			3					0	0				8	9				7	7

Los valores de la variable binaria y_t del Escenario 1 y Escenario 2 se muestran en la Tabla 6 y asume el valor de 0 si no hay subcontratación y 1 si hay subcontratación en el periodo t siempre y cuando el valor mínimo es de 500 cajas tal como se representa en la Ecuación (14).

Tabla 6 Valores de la variable binaria y_t del Escenario 1 (a) y Escenario 2 (b)

Año 1	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Año 2	Mes											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_t	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Año 3	Mes											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
y_t	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Año 4	Mes											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
y_t	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Año 5	Mes											
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
y_t	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

(a)

Año 1	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Año 2	Mes											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Año 3	Mes											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
y_t	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Año 4	Mes											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
y_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Año 5	Mes											
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
y_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

El resumen anual sobre las decisiones tomadas en la fuerza de trabajo en los dos escenarios, resultado de la optimización del PAP, se puede ver en la Tabla 7 y Tabla 8, en donde se muestran los valores anuales en el número de contratados H_t , número de despedidos L_t , fuerza de trabajo W_t y tiempo extra O_t en horas. La fuerza de trabajo a tiempo regular W_t de cada año es la sumatoria de sus requerimientos mensuales.

Tabla 7 Resumen anual sobre la fuerza de trabajo del Escenario 1

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Tota l
Contratos (H_t)	37	27	27	27	27	145
Despidos (L_t)	27	27	27	27	27	135
F. de trabajo (W_t)	238	238	238	238	238	1,190
T. extra (O_t) (h)	1,276	1,276	1,276	1,276	1,276	6,380

Tabla 8 Resumen anual sobre la fuerza de trabajo del Escenario 2

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Tota l
Contratos (H_t)	44	21	19	16	23	123
Despidos (L_t)	27	13	26	11	18	95
F. de trabajo (W_t)	302	265	321	267	315	1,470
T. extra (O_t) (h)	1,046	1,273	1,392	1,002	1,495	6,208

En la Tabla 9 y Tabla 10 se muestran los resúmenes anuales en las decisiones en la producción durante los cinco años. Aquí se puede notar que en los dos escenarios no hay inventario I_t ni

desabasto S_t . Se observa en la Tabla 9 que los valores anuales son iguales porque vienen de una demanda pronosticada D_t de un modelo aditivo de descomposición de series de tiempo.

Tabla 9 Resumen anual sobre la producción del Escenario 1

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Inventario (I_t)	0	0	0	0	0	0
Desabasto (S_t)	0	0	0	0	0	0
Subcontratados (C_t)	3,581	3,581	3,581	3,581	3,581	17,905
Producción (P_t)	42,618	42,618	42,618	42,618	42,618	213,090
Demanda (D_t)	46,199	46,199	46,199	46,199	46,199	230,995

Tabla 10 Resumen anual sobre la producción del Escenario 2

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Inventario (I_t)	0	0	0	0	0	0
Desabasto (S_t)	0	0	0	0	0	0
Subcontratados (C_t)	1,138	0	3,241	0	0	4,379
Producción (P_t)	52,413	46,284	52,304	42,865	56,092	249,958
Demanda (D_t)	53,551	46,284	55,545	42,865	56,092	254,337

Los costos anuales en soles del PAP de los dos escenarios se muestran en la Tabla 11 y Tabla 12 y fueron calculados multiplicando los valores de los resúmenes anuales de la fuerza de trabajo (ver Tabla 7 y Tabla 8) y del resumen anual sobre la producción de los dos escenarios (ver Tabla 9 y Tabla 10) por sus respectivos costos que se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 11 Costos anuales del plan agregado de producción del Escenario 1

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Contratados	14,800	10,800	10,800	10,800	10,800	58,000
Despedidos	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	135,000
Tiempo regular	415,072	415,072	415,072	415,072	415,072	2,075,360
Tiempo extra	14,674	14,674	14,674	14,674	14,674	73,370
Inventario	0	0	0	0	0	0
Desabasto	0	0	0	0	0	0
Subcontratación	483,435	483,435	483,435	483,435	483,435	2,417,175
Materiales	5,071,542	5,071,542	5,071,542	5,071,542	5,071,542	25,357,710
TOTAL	6,026,523	6,022,523	6,022,523	6,022,523	6,022,523	30,116,615

Tabla 12 Costos anuales del plan agregado de producción del Escenario 2

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Contratados	17,600	8,400	7,600	6,400	9,200	49,200
Despedidos	27,000	13,000	26,000	11,000	18,000	95,000
Tiempo regular	526,688	462,160	559,824	465,648	549,360	2,563,680
Tiempo extra	12,029	14,640	16,008	11,523	17,193	71,392
Inventario	0	0	0	0	0	0
Desabasto	0	0	0	0	0	0
Subcontratación	153,630	0	437,535	0	0	591,165
Materiales	6,237,147	5,507,796	6,224,176	5,100,935	6,674,948	29,745,002
TOTAL	6,974,094	6,005,996	7,271,143	5,595,506	7,268,701	33,115,439

Los costos anuales del plan agregado en los cinco años de los dos escenarios se utilizaron como datos para plantear la prueba de hipótesis de igualdad de varianzas en el Minitab con un nivel de

significancia α de 0.05 tal como se muestra en la Figura 4, en donde se observa el tamaño de muestra $N = 5$, desviación estándar y varianza de los escenarios. La desviación estándar y la varianza de los costos anuales del Escenario 1 son 1,788.854 y 3,200,00 respectivamente; y del Escenario 2 son 774,067.813 y 5.99181E+11 respectivamente.

Method	
Null hypothesis	Sigma(Escenario 1) / Sigma(Escenario 2) = 1
Alternative hypothesis	Sigma(Escenario 1) / Sigma(Escenario 2) not = 1
Significance level	Alpha = 0.05

Statistics			
Variable	N	StDev	Variance
Escenario 1	5	1788.854	3200000.000
Escenario 2	5	774067.813	5.99181E+11

95% Confidence Intervals	
--------------------------	--

Figura 4 Prueba de hipótesis en el Minitab

La prueba estadística inferencial que se utilizó es la de Levene y sus resultados se muestran en la Figura 5.

Tests				
Method	DF1	DF2	Test	
			Statistic	P-Value
F Test (normal)	4	4	0.00	0.000
Levene's Test (any continuous)	1	8	5.36	0.049

Figura 5 Resultados de la prueba de Levene en el Minitab

El p-valor en la prueba de Levene es 0.049 y es menor a $\alpha = 0.05$ por lo que existe evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas, por lo tanto se acepta la hipótesis alternante de diferencia de varianzas en los costos de los planes agregados de producción de los dos escenarios. Si el resultado del p-value hubiera sido mayor que $\alpha = 0.05$, se aceptaría la hipótesis nula de la igualdad de varianzas de los dos escenarios y se podría decir que los planes agregados de producción de los escenarios son idénticos.

3. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo de investigación se desarrolló un modelo de programación lineal entera binaria para encontrar la solución óptima del plan agregado de producción de conservas de pescado de un proyecto industrial pesquero. Se comparó dos escenarios de planeación en un periodo de sesenta meses y se vio el efecto del modelo de pronóstico de la demanda de los escenarios. Al realizar la prueba de Levene en los costos anuales del plan agregado de producción de los dos escenarios, se rechazó la hipótesis nula de la igualdad de varianzas y se concluye que los planes agregados de los dos escenarios son diferentes, por lo tanto, el modelo de pronóstico de la demanda utilizado no permite obtener los mismos resultados que los datos históricos de la demanda en el plan agregado de producción. El OpenSolver como motor de optimización de código abierto, es eficaz para resolver problemas de programación lineal grandes como lo es un plan agregado de producción para sesenta meses. La dificultad que podría encontrar un formulador de proyectos de inversión es el de construir el modelo matemático del plan agregado de producción en una hoja de MS Excel para un horizonte de tiempo largo el cual requiere un conocimiento de las herramientas de administración de operaciones y de la investigación operativa.

4. REFERENCIAS.

- [1] Heizer, J.; Render, B. (2009) *Principios de Administración de Operaciones*. Séptima Ed. México.
- [2] Paiva, R. P. O.; Morabito, R., (2009), "An optimization model for the aggregate production planning of a Brazilian sugar and ethanol milling company," *Ann. Oper. Res.*, vol. 169, no. 1, pp. 117–130.
- [3] Phruksaphanrat, B.; Ohsato, A.; Yenradee, P., (2011), "Aggregate production planning with fuzzy demand and variable system capacity based on theory of constraints measures," *Int. J.*

- Ind. Eng. Theory Appl. Pract.*, vol. 18, no. 5, pp. 219–231.
- [4] Al-E-Hashem, S. M. J. M.; Aryanezhad, M. B.; Sadjadi, S. J., (2012), “An efficient algorithm to solve a multi-objective robust aggregate production planning in an uncertain environment,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 58, pp. 765–782.
- [5] Gasim, M. A., (2011), “Aggregate Production Planning Using Goals Programming,” *Electr. Eng. Dept. - Univ. Mosul, Iraq.*, vol. 21, no. 3, pp. 78–89.
- [6] Altendorfer, K.; Felberbauer, T.; Jodlbauer, H., (2016), “Effects of forecast errors on optimal utilisation in aggregate production planning with stochastic customer demand,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 12, pp. 3718–3735.
- [7] Linfati-Medina, R.; Pradenas-Rojas, L.; Ferland, J., (2016), “Planificación agregada en la cosecha forestal: Un modelo de programación matemática y solución,” *Maderas. Cienc. y Tecnol.*, vol. 18, no. 4, pp. 555–566.
- [8] Entezaminia, A.; Heidari, M.; Rahmani, D., (2017), “Robust aggregate production planning in a green supply chain under uncertainty considering reverse logistics: a case study,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, pp. 1507–1528.
- [9] Vogel, T.; Almada-Lobo, B.; Almeder, C., (2017), “Integrated versus hierarchical approach to aggregate production planning and master production scheduling,” *OR Spectr.*, vol. 39, pp. 193–229.
- [10] Jamalnia, A.; Yang, J. B.; Feili, A.; Xu, D. L.; Jamali, G., (2019), “Aggregate production planning under uncertainty: a comprehensive literature survey and future research directions,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 102, pp. 159–181.
- [11] Chapman, S. N., (2006) *Planificación y control de la producción*, Primera Ed. México.
- [12] Bowman, E. H., (1956), “Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming,” *Oper. Res.*, vol. 4, pp. 100–103.
- [13] Holt, C. C.; Modigliani, F.; Muth, J. F.; Simon, H. A., (1960). *Planning Production, Inventories and Work Force*.
- [14] Bowman, E. H., (1963), “Consistency and Optimality in Managerial Decision Making,” *Manage. Sci.*, vol. 9, pp. 310–321.
- [15] Nahmias, S., (2014). *Análisis de la producción y las operaciones*, Sexta Ed. México, D.F.
- [16] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2013*. (2013). Lima-Perú.
- [17] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014*. (2014). Lima-Perú.
- [18] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015*. (2015). Lima-Perú.
- [19] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016*. (2016). Lima-Perú.
- [20] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Agosto 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [21] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Setiembre 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [22] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Octubre 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [23] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Noviembre 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [24] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Diciembre 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [25] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017*. (2017). Lima-Perú.
- [26] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2018*. (2018). Lima-Perú.
- [27] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Enero 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [28] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Febrero 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [29] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Marzo 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [30] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Mayo 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [31] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Junio 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [32] PRODUCE, *Desarrollo Productivo de la Actividad Pesquera - Julio 2019*. (2019). Lima-Perú.
- [33] Chopra, S.; Meindl, P., (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*, Tercera Ed., vol. 1. México.
- [34] Mateo, P. M.; Lahoz, D., “Programación Lineal Entera.” Universidad de Zaragoza, pp. 1–24, [Online]. Available: <https://ocw.unizar.es/ocw/enseñanzas-tecnicas/modelos-de-investigacion-operativa/ficheros/OCWProgEntera.pdf>.
- [35] Hillier, F. S.; Lieberman, G. J., (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*, Novena Ed. México: McGraw Hill.
- [36] Winston, W. L., (2006). *Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos*, Cuarta Ed.

- México: Thomson.
[37] Muñoz, D. F., (2009). *Administración de operaciones*, 1st ed. México: Cengage Learning.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a todas las personas e instituciones que colaboraron directamente o indirectamente con la realización de este trabajo de investigación.

Tecnología de soporte a las operaciones

Pabón, Freddy*; López, Sonia (1)

**Universidad EAN fregopahe@gmail.com*

(1) Universidad Piloto, soniadelpi78@gmail.com

RESUMEN.

Los actuales desafíos en tecnología y demanda generados por los cambios económicos y en los niveles de exigencia de los clientes ha llevado a las empresas a buscar formas más efectivas y creativas para lograr sus objetivos y metas, esto tiene aún más impacto teniendo en cuenta que los recursos naturales se están convirtiendo en un vector importante en la sustentabilidad organizacional y la producción con estándares verdes.

El valor real para el cliente se genera en las operaciones de las organizaciones, es así como dichas operaciones deben estar alineadas con la estrategia de la empresa bajo principios de eficiencia en costos, calidad y tiempo y trabajar soportado en el uso de la tecnología la cual debe ser identificada según las necesidades de la empresa y adaptada para lograr con el fin de incrementar la producción y la satisfacción del cliente en nuevas formas.

En este documento expondremos como la tecnología interviene en forma positiva en el diseño de los productos o servicios, de las instalaciones, del proceso, del trabajo y del supply chain, permitiendo a las empresas generar ventajas competitivas frente a sus competidores. Es este soporte lo que permite a las organizaciones líderes en sus sectores mejorar los procesos tanto internos como externos y así llevar al cliente productos o servicios que respondan a sus necesidades. En la producción de bienes la tecnología permite múltiples beneficios en las empresas como la optimización de sus actividades, el ahorro de energía, disminución de tiempos de entregas, disminución de costos, optimización de materias primas, generación de ventajas competitivas sobre sus competidores, entre otras.

Palabras Claves: Tecnología, operaciones, producción, sustentabilidad, estrategia, eficiencia, competitividad

ABSTRACT

The current challenges in technology and demand generated by economic changes and in the levels of demand of customers have led companies to seek more effective and creative ways to achieve their objectives and goals, this has even more impact considering that the Natural resources are becoming an important vector in organizational sustainability and production with green standards.

The real value for the client is generated in the operations of the organizations, this is how these operations must be aligned with the company's strategy under principles of cost, quality and time efficiency and work supported by the use of technology which It must be identified according to the needs of the company and adapted to achieve in order to increase production and customer satisfaction in new ways.

In this document we will expose how technology intervenes in a positive way in the design of products or services, facilities, processes, work and the supply chain, allowing companies to generate competitive advantages over their competitors. It is this support that allows leading organizations in their sectors to improve both internal and external processes and thus bring the customer products or services that respond to their needs. In the production of goods, technology allows multiple benefits in companies such as optimizing their activities, saving energy, reducing delivery times, reducing costs, optimizing raw materials, generating competitive advantages over their competitors, among others.

Keywords: Technology, operations, production, sustainability, strategy, efficiency, competitiveness

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los desafíos modernos en tecnología y la demanda del mercado generados por los cambios en el contexto económico y el creciente nivel de exigencia por parte de los consumidores, las empresas requieren formas más efectivas y creativas para alcanzar los objetivos y sus metas estratégicas, aún más cuando es claro que la reducción de los recursos naturales a nivel mundial se está convirtiendo en un vector importante en la sustentabilidad organizacional y la producción con estándares verdes, como la expone Jourda, F. H. (2012):

“La reciente toma de conciencia del carácter limitado de los recursos del planeta generará una verdadera revolución. Una revolución tecnológica y cultural tanto o más importante que la Revolución Industrial. No se trata únicamente de reducir nuestro consumo energético o de encontrar energías alternativas, sino de conservar nuestro capital de recursos, o lo que queda de él, para permitir que las generaciones futuras puedan responder a sus necesidades.”

Las operaciones son el centro del funcionamiento de cualquier empresa y es allí donde se genera el valor real para el cliente a través de la creación de los productos y servicios que se entregan al mercado, es por esto que las operaciones deben estar alineadas con la estrategia de la empresa teniendo dentro de sus objetivos el logro de la eficiencia en costos, calidad y tiempo, y para alcanzar estos objetivos y contribuir a la competitividad de las organizaciones el uso de la tecnología es en la actualidad un aspecto clave para la supervivencia y el éxito empresarial, ya que condiciona la calidad y el coste de los productos y determina la competitividad, las cuotas de mercado y los resultados financieros (Escorsa y Pasola, 2004). Es así como uno de los principales pilares de soporte a las operaciones en las organizaciones está caracterizado por el uso de la tecnología que permite la optimización de los procesos del negocio, pero no se debe olvidar que es necesario lograr una alineación total entre la tecnología que se implemente y el negocio, con el fin de incrementar la producción y la satisfacción del cliente en nuevas y mejores formas.

Porter en 1985 con su libro *Competitive Advantage*, dedica un aparte a la estrategia tecnológica en las empresas y como esta se encuentra inmersa en todos los eslabones de la cadena de valor jugando un rol importante en el nivel de competitividad. En la figura 1 se observan tres grandes preguntas para las empresas en la elaboración de su estrategia, las dos primeras: el qué y a quién configura la definición del producto o servicio y el sector del mercado al que se dirige, en tanto la tercera se enfoca en la estrategia tecnológica.



Figura 1 Los tres ejes estratégicos y la estrategia tecnológica

Fuente: Adaptado de “Tecnología e innovación en la empresa”, Escorsa Castells, P., & Pasola, J.V., 2004, Univ. Politèc. de Catalunya., p. 61, 62. Tomado de Abell, 1980.

Un ejemplo de cambios apoyados en la tecnología que podemos analizar está en los sistemas de información, en los sistemas tradicionales el uso del papel genera un alto manejo del recurso natural en cada paso del proceso, desde la distribución hasta el archivo de estos documentos físicos, así como la necesidad de la presencia personal del cliente y trabajador para la transacción necesaria. En la actualidad, en el momento de adquirir un producto o servicio ya no es obligatorio ni la presencia de las personas ni el uso de documentos físicos, este tipo de servicios evitan el transporte del cliente, la necesidad de un gran espacio de oficina y uso de papel y demás recursos asociados. Y así se pueden identificar muchos beneficios adicionales asociados al ingreso de la tecnología en los sistemas de información de las organizaciones.

En la producción de bienes también podemos observar que la tecnología ha generado cambios trayendo beneficios a las organizaciones como, mejorar sus procesos internos para hacerlos más eficientes permitiéndoles hacer más con menos, el ahorro de energía, disminuir los tiempos de

entrega a los clientes, la optimización de la materia prima, entre otros, esta característica está claramente determinada en el soporte de los sistemas operativos.

El acceso al comercio electrónico ha permitido ampliar considerablemente el mercado para muchas empresas de bienes o servicios, en la actualidad cualquier empresa sin importar su tamaño, sector o ubicación geográfica tiene la oportunidad de acceder al mercado global a través del acceso al internet. El poder comunicarse con sus clientes para darle a conocer los bienes o servicios que ofrecen, ha permitido la eliminación de barreras geográficas que antes restringían el crecimiento de una compañía brindándoles ventajas como bien las identifica Aguirre, Lafuente y Tamayo (2001):

“La posibilidad de acceso a un mercado global las veinticuatro horas del día; Capacidad de segmentación; Participación del usuario; Acceso a gran cantidad de información a bajo coste; Integra aspectos que caracterizan a otros medios de comunicación de forma aislada: naturaleza audiovisual, posibilidad de argumentación e interactividad; Flexibilidad para poder actualizar la información; Mejora de la calidad del servicio.”

En este documento vamos a mostrar como la tecnología ha intervenido en forma positiva en el diseño de: los productos o servicios, de las instalaciones, del proceso, del trabajo y del supply chain, llevando a las organizaciones a generar ventajas competitivas. Es el soporte de la tecnología lo que permite a las organizaciones mejorar sus procesos internos y externos y así poder llevar una mejor respuesta al cliente y a la satisfacción de sus necesidades, generando también múltiples beneficios como la optimización de sus actividades, disminución de costos asociados a desperdicios en las diferentes etapas de la compañía, generación de ventajas competitivas sobre sus competidores, entre otras.

1.1. Diseño de productos y servicios.

En el actual entorno competitivo y globalizado, el diseño de nuevos productos o servicios se da como respuesta rápida al mercado y sus cambiantes exigencias, empujando a las empresas a generar oportunidades de crecimiento y de obtener una ventaja diferencial. Algunos autores expresan que el diseño del producto o servicio se origina por dos vías, a través de los avances tecnológicos que dan paso a la innovación respondiendo a las necesidades del mercado o creándoles nuevas, o por los estudios de mercado que identifican y traducen los deseos de los consumidores en un nuevo o mejorado producto o servicio, también concuerdan en que es un proceso complejo que nace en las múltiples ideas pasando por diferentes fases hasta llegar a la puesta en el mercado del producto o servicio y que es un proceso donde se requiere el soporte de tecnologías innovadoras en todo nivel así como el enfoque en el mercado para lograr productos o servicios exitosos. En cuanto a la innovación Pedroza y Ortiz (2008) consideran que *“es el motor más importante para la prosperidad de las empresas, para ello estas deben tener una estrategia definida para el desarrollo de nuevos productos y su estructura organizacional claramente alineada a una cultura de innovación”*.

De acuerdo con Beltrán (2013), en el diseño de productos y servicios, las expectativas, así como la realimentación del cliente frente al producto o servicio afecta su diseño de forma que se adapte a los requisitos del mercado, y es este el que define las características del perfil del personal que participa en el proceso, su grado de preparación, experiencia y conocimiento específico.

Este concepto aplica en diferentes formas, por ejemplo, para unas compañías que proporciona productos o servicios de forma masiva, usando conceptos claves como la personalización masificada, la cual es bastante común hoy día, los niveles de conocimiento, experiencia, preparación o expectativas de participación de cada colaborador en la cadena de valor disminuye, por ejemplo, las empresas de prestación de servicios de comunicación y datos. Por otra parte, tenemos aquellas organizaciones de producción más limitada, donde los valores de preparación, especialización de sus empleados o colaboradores es mucho mayor, por ejemplo, las fábricas de relojes de alta gama, donde tenemos una producción mucho más baja en número de ventas y de clientes, pero cada parte en la cadena de valor debe contar con un amplio rango de conocimientos y experiencia.

1.1.1. Etapas del diseño del producto.

De forma general el diseño del producto o servicio atraviesa una serie de etapas comunes las cuales puedes ser resumidas de varias formas, como la expuesta por Hernik Kniberg en la siguiente figura:

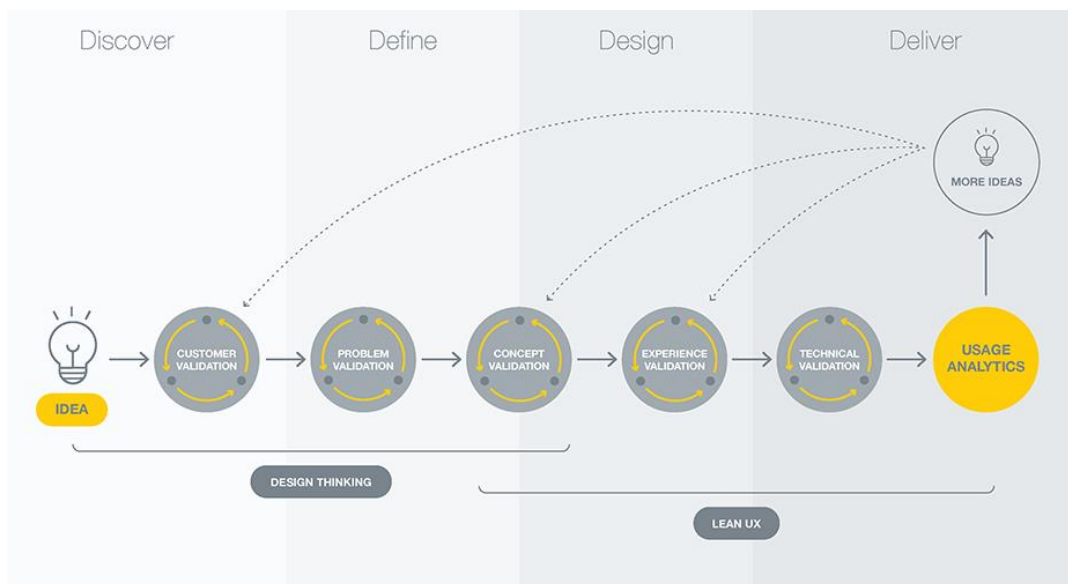


Figura 2 Etapas del diseño del producto.

Fuente: Adaptado de "Blog Fases del diseño del producto", por Samuel Artigas, 16 febrero 2016, Gráfico Vuletic, Marko.

Este acercamiento es el que define el mínimo producto viable, que puede analizarse en sus cuatro fases básicas: descubrimiento o generación de la idea, definición, diseño y entrega.

Cada una de estas fases se desglosa en diferentes etapas que requieren del elemento más importante durante el diseño y es la validación de criterios mínimos esperados ya que una idea por sí misma no tiene mayor valor de explotación si no se valida como atractiva o viable para el cliente, esta fase inicial suele tener una serie de retos que generan la mayor cantidad de carga al momento del desarrollo del diseño básico, posterior se pasa a las etapas de validación de concepto en donde se deben ajustar los detalles del diseño para poder traerlo al mundo real, una vez superadas estas etapas vienen las generaciones de prototipos y pruebas funcionales de éstos, para dar paso a las validaciones necesarias para su puesta en producción o validaciones técnicas, siempre existe una alta posibilidad que una idea inicial una vez puesta en producción y que haya sido validada en todas sus etapas genera una cascada de nuevas ideas "inspiradas" en esta idea inicial, cada una de las cuales deberá atravesar el ciclo completo con el objeto de lograr el ya mencionado, mínimo producto viable.

1.1.2. Proceso del diseño del producto

El proceso del diseño para llegar al desarrollo de nuevos productos como lo hemos visto hasta ahora, puede tomarse también como un tamiz que lleva a las empresas a descartar ideas que pueden no llegar a ser un éxito entre los clientes, la realidad es que de las muchas ideas que se generan, no todas logran llegar al mercado y de las que lo logran algunas no producirán el éxito esperado y la mayor reducción se da antes de iniciarse el diseño preliminar del producto. Desde la perspectiva de diseño hay que tener claro que no necesariamente el hecho de que una idea de producto o servicio haya sido validada en todas sus etapas vaya a tener éxito en el mercado, ya que siempre existe la posibilidad de que el acoplamiento del producto o servicio al cliente pueda no tener el impacto esperado, por lo cual se debe medir de manera muy cercana al cliente el impacto de este, previendo los posibles desenlaces y desempeños en el mercado de lo ofertado.

Los nuevos productos o servicios son la clave para mantenerse en el negocio, en un mercado en cambio permanente es preciso mantener en movimiento el portafolio que se ofrece para garantizar no solo la permanencia sino generar la competitividad esperada frente a las demás organizaciones, es por esto por lo que la innovación y el diseño de productos van de la mano. La innovación ocurre cuando se igualan una necesidad del mercado con una tecnología existente o emergente, aquí las empresas identifican y eligen las mejores ideas dentro de este concepto para aplicarles todo el proceso del diseño del producto con la profundización necesaria para balancear entre los riesgos y las variables desconocidas, es relevante que quienes participan en el desarrollo de productos o servicios tengan un conocimiento alto en relación a lo que se esté trabajando para lograr la profundización necesaria y evitar caer en el problema de generar y trabajar las ideas con un bajo conocimiento profesionalmente hablando.

Para generar esas ideas que puedan convertirse en el futuro en productos o servicios innovadores que lleguen al mercado con éxito, primero es necesario aumentar el nivel de conocimientos del equipo para que puedan identificar el calibre de los retos tecnológicos, y así combinar lo

tecnológicamente posible con lo que desea el cliente de forma creativa y que genere la respuesta positiva en estos. El análisis principal en este punto se ubica en la identificación de la tecnología que se requiere para el diseño y producción del producto o servicio. En la actualidad son muchas las tecnologías que sirven de soporte en el proceso del diseño de los productos o servicios, que le permita a la empresa enfocar sus mayores esfuerzos en los requisitos y la relación con el usuario, por ejemplo, software de modelamiento, para simulación, máquinas para prototipos, etc.

El diseño del producto es el inicio, en donde se define la tecnología necesaria para el diseño del proceso eligiendo el sistema de producción que mejor se adapte al mercado y demás requerimientos y que da el referente para el diseño de las instalaciones, también es el punto de partida para definir los procesos y trabajo que se requerirá para la empresa.

1.2. Diseño de las instalaciones.

La ingeniería recibe del diseño del producto la información y requerimientos base para dar continuidad a la planeación de la producción enfocándose en la funcionalidad y factibilidad económica y productiva del bien o servicio (Prieto, 2013), y una parte de estos análisis está dado en el diseño de las instalaciones donde se realizará la producción, aquí el soporte de la tecnología juega un rol relevante o una restricción para este, la transferencia de tecnología es una de las actividades que mayor impacto genera en el diseño de las instalaciones.

La identificación de las necesidades o requerimientos tecnológicos para las instalaciones se proyectará teniendo en cuenta las diversas variables como son: exigencias de producción, el nivel de producción al que se quiere llegar, el almacenamiento, la distribución futura. El diseño y la distribución de las instalaciones se puede trabajar de forma más eficiente con el uso de software de simulación de procesos para lograr una correcta disposición de los espacios ya que se tiene identificado que es un punto clave que puede impactar de forma significativa la competitividad del negocio.

1.2.1. Factores en el diseño de las instalaciones

Hay muchos factores que deben tenerse presentes en el diseño de las instalaciones como la definición de la localización y tamaño de la empresa, este último estando relacionado a la capacidad de producción que se quiere montar, al interior la disposición de la planta, el factor material y maquinaria, factor hombre, movimiento, edificio, espera, servicio, medioambiente y cambio. Al tener tantos factores alrededor del diseño de las instalaciones se debe contar con una permanente coordinación entre los recursos productivos para responder con calidad y la mayor celeridad a las órdenes de los clientes, definiendo el flujo de materiales siguiendo la cadena de valor del cliente y eliminando los desperdicios que generan ineficiencia y altos costos.

Bien sea para la prestación de un servicio o para la producción de un bien, la función de las instalaciones es generar para la cadena de valor una organización funcional que sea adecuada a la demanda, esto dadas las diferencias de la prestación de un servicio y la de un producto, el producto es almacenable, se debe transportar a donde la demanda esté entre otras características, el servicio en cambio no se puede almacenar y debe ser generado en el sitio y el momento en que se produce.

En función de la demanda otras variables son importantes a tener claramente identificadas dentro del diseño de las instalaciones tales como la ubicación y el manejo de la volatilidad de la demanda. Frente a la ubicación, es lo usual que la entrega de un bien esté cerca de los clientes para acortar tiempos de espera en la entrega, son pocas las organizaciones que hacen que los clientes vayan hasta el producto, entendiéndose que este se encuentre en una ubicación que le represente un esfuerzo adicional para ir a conseguirlo. En cambio, para hablar de la ubicación de la prestación de un servicio estamos hablando desde oficinas que prestan el servicio hasta el final del abanico donde se prestan a través de medios digitales, en cuyo caso la ubicación es una página Web o una aplicación para el caso de los dispositivos móviles. Es necesario entender que para ambos casos la demanda tiene unos niveles diferentes de volatilidad donde tenemos que para la prestación de servicio es mucho mayor ya que el servicio debería poder personalizarse y generar nuevas expectativas o necesidades con mucha mayor frecuencia y de manera más ágil, mientras que para los productos esta volatilidad se afecta principalmente por el aumento de opciones en la oferta propia o de la competencia, por ejemplo, el mercado de los teléfonos móviles.

Existe una interrelación entre el factor medioambiente y el diseño de las instalaciones, aspecto de importancia en búsqueda de la sostenibilidad de la empresa bajo directrices del diseño de procesos amigables con el medio ambiente también con el uso de tecnologías limpias que ayuden en la reducción de desechos o desperdicios.

La tecnología provee una serie de medios y procedimientos para la producción de los bienes o servicios en las organizaciones, es preciso evaluar la oferta tecnológica del mercado identificando aspectos como la operatividad, mantenimiento y capacidad para responder a las necesidades del diseño del producto o servicio y así satisfacer las necesidades del cliente. Como ya lo hemos mencionado en varias oportunidades, la tecnología otorga ventajas competitivas a las organizaciones que se preocupan por introducirla en sus procesos, dándoles beneficios con relación a costo, calidad, estandarización y rapidez en la producción. Son estas empresas que cuentan con una visión del futuro tecnológico y se preocupan investigar e innovar con nuevas, mejores y más limpias tecnología las que lideran el mercado ya que consideran la innovación de los sistemas, automatización y transferencia tecnológica en la cadena de valor un factor fundamental para la competitividad y crecimiento empresarial.

También es importante destacar que un aspecto que define las dimensiones de una planta de producción se da con relación a la tecnología, primero se deben estudiar las diferentes tecnologías que se ofrecen en el mercado para la producción del bien o servicio, con esta evaluación se selecciona la que mejor se adapta al cumplimiento de los requerimientos del cliente teniendo presentes los costos de la inversión, de la operación y mantenimiento. Es necesario también tener en cuenta que la capacidad del diseño de las instalaciones está delimitada por la capacidad de la tecnología implementada.

En la determinación de la capacidad de las instalaciones definida por la estrategia de producción que se establezca, un factor que limita el pleno uso de esta capacidad y que debe controlarse son los desequilibrios entre el recurso humano y la tecnología con relación a la ergonomía de la maquinaria, es por lo que el factor hombre en el diseño de las instalaciones debe contemplarse pues puede a futuro, de no tomarse en cuenta disminuir las capacidades de la empresa. Si un equipo adquirido no está adaptado a las condiciones ergonómicas de los empleados de la organización, puede generar ineficiencias y muchas consecuencias más relacionadas a las normas de seguridad y salud en el trabajo. También se recomienda en el análisis de la tecnología con relación al factor hombre tener presente que sean tecnologías limpias que ayuden a mantener bajo control el riesgo en el trabajo.

En el diseño de las instalaciones también debe analizarse el movimiento de los materiales donde se busca la reducción de tiempos innecesarios en los traslados internos pues de manejarse ineficientemente generando diversos problemas como: incrementar los costos de producción, excesos de almacenamiento finalizando en retrasos en la entrega al cliente. El objetivo final es lograr la eficiencia en este factor bajo un sistema de manejo de materiales adecuado a las características de la empresa donde sin duda se requiere tecnología específica en las tareas de acarreo, almacenamiento, disposición y distribución.

Otro ejemplo de necesidades de tecnologías que afectan el diseño de las instalaciones se da con relación a los servicios a clientes, algunas empresas ven la necesidad de contar con salas de exhibición de productos, y uno de los elementos a considerar en estos espacios es la tecnología, la cual debe identificarse de acuerdo tanto al producto como a las características con respecto a la exposición que se planteen.

Finalmente, en el diseño de las instalaciones el factor del cambio tanto por aspectos internos como externos es de gran importancia pues toda organización espera a futuro su crecimiento y esto implica generar una adecuada planificación y proyectar en qué proporción esta afectará las instalaciones de la compañía analizando entre otros factores como el cambio en la tecnología, las empresas deben prepararse para los cambios en el soporte de infraestructura y tecnología.

1.3. Diseño del proceso.

Después del diseño del producto o servicio y contando ya con las especificaciones técnicas se entra en el diseño del proceso de acuerdo con la tecnología seleccionada, aquí se hace referencia al algoritmo que debe seguirse por los actuantes de cada parte interesada para lograr poner su parte en el supply chain del producto o servicio, estos algoritmos o secuencias de tareas lineales incluyen tanto a los proveedores como a los clientes finales, de igual manera incluyen los criterios requeridos por cada área cliente de las demás generando un conjunto de actividades organizadas en forma metódica y cronológica para generar el producto o servicio que se entregará al cliente. Es importante identificar los procesos clave dentro de la organización empresarial para brindar una eficiente atención a los usuarios, estos procesos existen y son necesarios optimizarlos realizando una revisión de las tareas asociadas llegando a mejoras significativas. El sistema de producción da el punto de partida al diseño del proceso, definiendo la estructura para generar la descripción y ejecución para obtener el producto o servicio, teniendo presente variables como qué se va a

producir, el volumen con relación a los clientes potenciales, el recurso humano, maquinaria y tecnología para la producción.

Es importante tener claro para cada etapa del proceso son las entradas y las salidas en los eslabones de la cadena de valor, es decir, definir el flujo del producto identificándolas etapas necesarias y sus interrelaciones, se pueden establecer flujos continuos, intermitentes o una combinación de estos dos, en ese sentido en la cadena de procedimientos uno de los elementos más relevantes en el proceso de encadenar uno al otro son los requerimientos mínimos solicitados por la siguiente etapa, los criterios de aceptación para la siguiente etapa.

En el diseño del proceso la tecnología se puede identificar en algunos de los factores que lo componen como lo son la maquinaria y equipo que se utilizarán para llevar a cabo el trabajo, en el ambiente de trabajo que define las condiciones físicas o digitales para empresas que no requieran espacios físicos, pero si herramientas de tecnología para su proceso, también es necesario mencionar que con los avances tecnológicos permanentes, las empresas para mantener sus ventajas competitivas deben mantener dentro de sus objetivos una constante de mejora e innovación tecnológica tanto de los productos como de los procesos incluyendo tecnología más limpia y amigable con el medio ambiente.

En estas etapas existen criterios de control que permiten mantener bajo control el desarrollo de cada una de las tareas, de igual forma existen pasos en donde las solicitudes o requerimientos del cliente pueden entrar a modificar, ajustar o personalizar el servicio o el producto, en los sistemas productivos modernos, la falta de dinamismo en las posibilidades de satisfacer al cliente en sus procesos de personalización cuestan caro al proceso de venta, la personalización masificada cobra importancia y deber ser tenida en cuenta a lo largo de todo el proceso de producción tanto para productos como para servicios.

El diseño del proceso parte del conocimiento del valor del producto o servicio, con el objetivo de generar un proceso lean disminuyendo al máximo el desperdicio y en búsqueda de la autosostenibilidad del negocio, la empresa debe asegurar un buen flujo de comunicación entre las áreas de trabajo sin olvidar que el foco debe ser la cadena de valor que lo lleve a responder las necesidades del cliente.

Una de las actividades que deben ser práctica permanente dentro de la organización es la evaluación de los procesos y procedimientos para que se ajusten a todas las partes interesadas y que cumplan con los objetivos de generación de valor que permita a la organización mantener los objetivos estratégicos alineados y la generación de beneficios para la empresa. Estas evaluaciones deben tener en cuenta de un elemento importante y es la capacitación o formación permanente de la mano de obra ya que no es posible realizar ajustes orientados al éxito sin tener un conocimiento tanto del proceso en sí mismo como formación base que permita diagramar los procesos de forma adecuada y pertinente.

1.4. Diseño del trabajo.

Si bien el diseño del proceso se refiere a la secuencia de las tareas para generar el producto o servicio, el diseño del trabajo hace referencia a la realización de las tareas, el lugar y las herramientas para llevarlas a cabo, así como los aspectos humanos o sociales que se llevan a cabo el trabajo.

1.4.1. Dimensiones en el diseño del trabajo.

Dentro del diseño del trabajo existen una serie de dimensiones que son relevantes al momento de generar los parámetros de la tarea, dentro de estos se resaltan los más relevantes:

- Ampliación horizontal del trabajo, manejar más y diversas tareas,
- Ampliación vertical del trabajo, aumentar la capacidad de afectación del trabajo, toma de decisiones y definiciones

Ambos aspectos anteriores buscan sacar provecho de la experiencia de los colaboradores .

- Aprovechamiento de las múltiples habilidades del trabajador, genera satisfacción en el colaborador reconocer que sus habilidades son aprovechadas y puestos en su trabajo
- Desagregación de las tareas, el empleado debe reconocerse como ubicado en un sector, área, línea que tienen definidos sus alcances y procesos, bodega, almacén, ventas entre otras
- Realimentación, la capacidad de poder enviar información en dos vías dentro del proceso, tanto de entrada como de salida, genera mejoramiento en las tareas a realizar

- Delgación de niveles de autonomía, el colaborador debe sentir y saber que tiene control sobre algún grupo de tareas y decisiones dentro de sus labores
- Carga laboral, cada unidad de trabajo debe tener una cantidad tope que define el máximo ejecutable y no debe superarse o si se hace no debe ser por periodos prolongados y menos de forma permanente
- Sistemas de medición, sistema de indicadores objetivos y con variables claramente medibles que permitan emitir un concepto de desempeño y una medición de la conformidad de la tarea
- Sistemas de remuneración y de reconocimientos, si bien es un aspecto que se encuentra hoy día en entredicho por que tiene efectos positivos y negativos, es aconsejable que se analice para cada línea de trabajo si es posible detemrnar un sistema complementario de reconocimientos, no necesariamente económicos, al cuerpo de colaboradores por su desempeño, las variables por su puesto, varían para cada área y cada cargo

Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta para el diseño del trabajo, de igual forma y finalmente el componente tecnológico para el desarrollo de la tarea, herramientas, sistemas de información, maquinaria, entre otros.

Puede ser un pensamiento común que la implementación de la tecnología en las empresas lleva como resultado el desempleo del recurso humano, sin embargo, los empleados que desean mantenerse deben ser parte del cambio y buscar capacitarse para asumir puestos donde la capacidad humana es necesaria y construir acompañando el avance tecnológico a una mejora en los procesos de la compañía aportando mayor competencia y habilidades en las tareas para la elaboración de los productos o servicios. *La innovación tecnológica, la utilización de nuevos recursos y el mayor valor agregado a los productos generan nuevas oportunidades laborales.*

Tener claramente definidas las tareas requeridas para llevar a cabo el trabajo en la elaboración de los productos o servicios, se deben analizar claramente las tareas y definir primero si requieren el uso de la tecnología, maquinaria o herramientas, para luego analizar cuál es la maquinaria que mejor se va a acomodar a las necesidades del trabajo y que permitirá satisfacer al cliente sus necesidades. Según la tecnología de diseño las máquinas se pueden clasificar en: manuales, mecanizadas, automatizadas; una segunda clasificación se encuentra relacionada a la fuente de energía que utiliza: manuales, eléctricas, hidráulicas y térmicas; también se pueden catalogar por el movimiento principal: rotativas, alternativas y de reacción.

1.5. Diseño del supply chain.

El diseño adecuado del supply chain en una empresa es uno de los ejercicios más complejos debido al gran número de agentes que lo componen, los agentes externos upstream o downstream como son los proveedores de materias primas e insumos, proveedores de servicios, distribuidores y los clientes; adicionalmente se debe tener presente la organización interna ya que cada área de la empresa tiene sus propias metas, procesos, tiempos de atención y políticas de trabajo diferentes pero que deben estar encaminados a un mismo objetivo a nivel organizacional, esto hace que unificar una teoría de logística en la producción sea un reto al cual se le ha brindado bastante esfuerzo de investigación para llegar a entenderlo y generar teorías que puedan ser aplicadas por las organizaciones y les ayude a llegar al éxito del negocio, esto también pensando en la responsabilidad social y ambiental que hoy día es indispensable para lasostenibilidad de cualquier empresa.

Estas diferencias en el comportamiento de las formas de optimización de cada área dentro del proceso de la cadena de valor son evidentes en el siguiente diagrama donde se contrastan las diferentes curvas de funcionamiento interno de la organización:

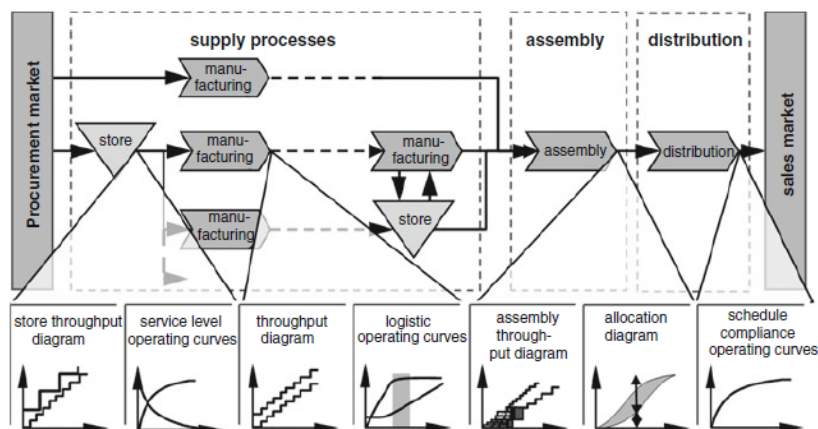


Figura 3. Modelos logísticos seleccionados en el supply chain.

Fuente: Brecher, C. (2015). Advances in production technology (p. 211). Springer Nature.

En este gráfico podemos apreciar con claridad al interior de la organización las diferentes formas de operación de cada una de las fases internas del supply chain en la fabricación de un bien desde la demanda del mercado hasta la venta de éste, la planeación y control de los flujos de materiales y de la información entre las diferentes áreas o procesos internos de la empresa deben ser óptimos con el objetivo de satisfacer las necesidades de los consumidores. El modelo de gestión que se seleccione para el supply chain ha de estar basado en el intercambio de información entre sus agentes internos y externos así como de una relación de mutua confianza entre cada eslabón, logrando así incrementar la productividad mejorando la eficiencia en los procesos empresariales potenciando las relaciones y llegando a un trabajo conjunto y coordinado para aportar mayor valor agregado al consumidor final.

Cabe resaltar que cuando hablamos del supply chain no sólo nos referimos a la gestión interna en la empresa, aquí entra a jugar un rol importante los agentes externos pues forman parte de la agregación de valor en cada paso del sistema al bien o producto que se entrega al cliente, bien sea a través de modificaciones de la condición de las materias primas que la componen o de las características intrínsecas del producto o de las exógenas como el servicio posventa, garantías, calidad, valor de marca y demás. Es por esto la gran importancia del adecuado diseño del supply chain que esté acorde a las características de la empresa y sus necesidades, aquí es donde entra a jugar un rol importante la tecnología pues se convierte en la herramienta que permitirá a la empresa optimizar los procesos externos e internos del supply chain para lograr como objetivo final la satisfacción del cliente tomando en el camino la reducción de costos y potimización de los procesos que le permita al negocio el crecimiento y ganancias esperadas para consolidarse y mantenerse en el tiempo.

El contar con un sistema integrado de gestión del supply chain, donde se tenga de forma organizada y en corto tiempo la información necesaria y requerida para la toma de decisiones relevantes para la empresa. Pero la tecnología por si sola no funcionará sino va acompañada del buen manejo por parte del personal, es aquí donde un buen liderazgo así como la adecuada formación y capacitación del equipo de trabajo no solo sobre la tecnología sino sobre los procesos logísticos e interacción entre las diferentes áreas de la organización como con los agentes externos que se encuentran involucrados, permitirán llegar al éxito en la implementación del supply chain management con el apoyo de la tecnología seleccionada.

Ahora bien, el supply chain no sólo se encarga de agregar valor al producto, también es un generador de costos para la organización dado que en cada paso se consumen recursos de diversas fuentes y de variados tipos, por ende, consume para poder dar más al cliente final. Sin embargo, estos costos adicionales deben balancearse con los beneficios que otorga la implementación del supply chain management en la empresa como: reducción de inventarios, aumento del nivel de servicio, evitar roturas de stock, reducir costos de transporte, disminuir reclamos a proveedores, aminorar devoluciones, reducir los costos en toda la cadena de abastecimiento, entre otros (Cayo, R. 2017).

De esta manera lo que se busca es ilustrar que en función de las teorías de supply chain al interior de la organización pueden y deben manejar de manera óptima sus procesos, estos deben ser armonizados con los agentes externos en función de los resultados y que estén en todo momento dentro de condiciones de producción controlada, acorde como lo visualice la organización recordando que cada área al interior de la organización se convierte en un proveedor de valor, producto y servicio a la subsecuente área en el proceso y que también es consumidor de la que la precede.

3. CONCLUSIONES.

Durante los últimos años se ha visto potenciado el acceso a nuevas tecnologías en las empresas sin importar su tamaño, abriendo las puertas del mundo a todas estas y ofreciéndoles la posibilidad de que sus productos o servicios llegue a consumidores potenciales de áreas geográficas distantes en iguales condiciones.

La tecnología avanza con tanta rapidez que las empresas que desean ser exitosas y mantenerse en el negocio siendo competitivos deben seguirle el ritmo, implicando el estar atentos a los cambios en el mercado con relación a esto analizando cuál puede ser la nueva tecnología que mejor se adapte a sus procesos y generando los cambios frecuentes en los diseños, procesos, tareas y equipos que sean necesarios. Si las empresas no se adaptan rápidamente pueden perder las ventajas que han logrado e incluso perder a sus clientes.

La innovación tecnológica en las organizaciones genera un sin número de impactos en estas, pero los que se destacan con el mejoramiento en la calidad de los productos o servicios, la mayor permanencia y participación del mercado y el aumento de la capacidad productiva, es así que el dominio en el cambio y adaptación tecnológica será un elemento indefectible del éxito de las empresas a nivel global.

Los sistemas de información como herramientas de uso de la tecnología y su integración se convierten en uno de los pilares en la cadena de valor de la producción de bienes y servicios, así como el canal de realimentación de todas las partes interesadas del proceso.

4. REFERENCIAS.

- [1] Aguirre, María; Lafuente, Amaia; Tamayo, Unai. (2001). *Las operaciones comerciales electrónicas: repercusiones en la cadena logística*. Distribución y Consumo No. 55.
- [2] Arbós, Lluís. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático*. Barcelona. Profit Editorial.
- [3] Artigas, Samuel. (2016). *Fases del diseño del producto*. Recuperado de <https://www.torresburriel.com/weblog/2016/02/16/fases-del-diseno-de-producto/>
- [4] Beltran, Patricia. (2013). *Diseño de prototipos de productos y servicios*. Recuperado de https://www.academia.edu/38018407/DISE%C3%91O_DE_PROTOTIPOS_DE_PRODUC_TOS_Y_O_SERVICIOS_CONTENIDO
- [5] Brecher, Christian. (2015). *Advances in production technology*. Germany. Springer Open.
- [6] Cayo, Ricardo. (2017). *Implementar Supply Chain Management puede reducir costos hasta 8% en la cadena de abastecimiento*. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2017/05/12/implementar-supply-chain-management-puede-reducir-costos-hasta-8-en-la-cadena-abastecimiento/>
- [7] Chase, Richard. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de suministros*. México. 12 edición. Editorial Mc. Graww Hill.
- [8] De la Cruz, Angela; Mauricio, David. (2007). *Una revisión de la gestión de servicios de tecnologías de información*. Revista de investigación de Sistemas e Informática. Volumen 4, Número 1, p. 71-80.
- [9] De los Reyes-Gavilán, Ignacio. (2003). *Soporte a Operaciones: Conceptos, procesos, tecnologías y sistemas*. Comunicaciones de Telefónica I+D. Número 29, p. 7-20.
- [10] Diaz, Bertha; Noriega, María Teresa. (2017). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Universidad de Lima, Fondo Editorial.
- [11] Escorsa, Pere; Pasola, Jaume. (2004). *Tecnología e innovación en la empresa*. Univ. Politèc. de Catalunya. Volumen 148.
- [12] García, A; García, G; Pérez, M; Sánchez, L; Serrano, A. (2013). *Manual de dirección de operaciones: Decisiones estratégicas*. España. Ed. Universidad de Cantabria. Volumen 18.
- [13] Hollers, Brent. (2017). *Documenting the engineering design process*. Technology and Engineering Teacher. Volumen 77. Número 2, p. 35-39.
- [14] Holman, David; Totterdell, Peter; Axtell, Carolyn; Stride, Chris; Port, Rebecca; Svensson, Ruth; Zibarras, Lara. (2012). *Job design and the employee innovation process: The mediating role of learning strategies*. Journal of Business and Psychology, Volumen 27. Número 2, p. 177-191.
- [15] Jourda, Françoise-Hélène. (2012). *Pequeño manual del proyecto sostenible*. Gustavo Gili. Barcelona, España
- [16] Koetting, S. (2015). *Strategies to Guide an Effective Design Process*. Global Cosmetic Industry. Volumen 183. Número 4, p. 40-43.
- [17] Martínez Jurado, Pedro; Moyano Fuentes, José. (2011). *Lean production y gestión de la cadena de suministro en la industria aeronáutica*. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa (IEDEE). Volumen 17. Número 1, p. 137-157.
- [18] Masood, Tariq; Roy, Rajkumar; Harrison, Andrew; Xu, Yuchum; Gregson, Stephen; Reeve, Carl. (2015). *Integrating through-life engineering service knowledge with product design and manufacture*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. Volumen 28. Número 1, p. 59-74.
- [19] Mikhaylov, Dmitry. (2010). *Mejoramiento del sistema de soporte de itmanagement a los sistemas de apoyo a las operaciones*. Tesis de posgrado.
- [20] Pedroza, Alvaro; Ortiz, Sara. (2008). *Gestión estratégica de la tecnología en el predesarrollo de nuevos productos*. Journal of technology management & innovation. Volumen 3. Número 3, p. 100-111.
- [21] Porter, Michael. (2011). *Competitive advantage of nations: creating and sustaining superior performance*. New York. Simon and Schuster.

- [22] Prieto, Pablo. (2013). *Diseño, tecnología e investigación*. Actas de Diseño N° 8. Volumen 4. P. 251-252.
- [23] Quiñonez, Luis; Sánchez, Leonardo. (2018). *Diseño de un software as a services enfocado a la gestión de operaciones para pymes dedicadas al soporte it*. Guayaquil. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas.
- [24] Zahera, Manuel. (2012). *La fabricación aditiva, tecnología avanzada para el diseño y el desarrollo de productos*. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Valencia

Plan de acción para un modelo omnicanal: Aplicación en tiendas minoristas

Vásquez Benítez, Walter Ernesto*; Espinoza Portillo, Arturo René; Montoya Alegría, Daniel Alejandro; Zepeda Mercado, Gabriela Alejandra; Melara Gálvez, César; Del Moral, Manuel.

*Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
1502. 00027615@uca.edu.sv, 00022315@uca.edu.sv, 00016715@uca.edu.sv,
00045915@uca.edu.sv; cmelara@uca.edu.sv, manuel.moral@ibero.mx.*

RESUMEN.

En los últimos años, el comportamiento de los clientes ha ido transformándose acorde a las nuevas tendencias. Actualmente, la mayoría de empresas emplean un enfoque tradicional multicanal, buscando optimizar la experiencia del consumidor en cada canal. El trabajo tiene como finalidad exponer el concepto de omnicanalidad, una búsqueda exhaustiva de empresas minoristas multinacionales que actualmente utilizan herramientas y técnicas omnicanales. Por último, se llevará a cabo un plan de acción que permitirá que una empresa se autoevalúe y pueda tomar acciones concretas para trascender a las nuevas tendencias. Este plan se estructura en cuatro fases: descubrir, planear, actuar y optimizar. Esos factores son clave para su ejecución, estrategias focalizadas y modelos operativos, a seguir para la integración del mismo al modelo de negocios. Los resultados muestran que la correcta implementación del modelo omnicanal debe tener como eje central una visión centralizada en el cliente, los procesos logísticos, los sistemas operativos y las tecnologías disponibles deben estar alineados en que la experiencia del cliente sea única, fluida a través de todos los canales, novedosa, bastante interactiva entre el cliente y la empresa, creando en sí un vínculo. La omnicanalidad lleva consigo procesos y tecnologías que son necesarias implementar para considerarse omnicanales, como lo son distintos servicios de envío o herramientas de venta, y otros que, si bien no es obligatoria su implementación, son acciones que ayudan a la empresa en términos de crecimiento, rentabilidad y tiempo de respuesta de cara a brindar una mejor experiencia a los clientes.

Palabras Claves: Omnicanal, cliente, retail, empresas.

ABSTRACT

In recent years, customer behavior has been transforming according to new trends. Currently, most companies use a traditional multichannel approach, seeking to optimize the consumer experience in each channel. The purpose of this research is to expose the concept of omnichannel, an exhaustive search of multinational retail companies that currently use omnichannel tools and techniques. Lastly, an action plan will be carried out that will allow a company to self-evaluate and take concrete actions to transcend to new trends. This plan is structured in four phases: discover, plan, act and optimize. These factors are key to its execution, focused strategies and operating models, to be followed for its integration into the business model. The results show that the correct implementation of the omnichannel model must have as its central axis a centralized vision of the customer, the logistics processes, operating systems and available technologies must be aligned so that the customer experience is unique, seamless through different channels, novel, quite interactive between the client and the company, creating a bond. Omnichannel leads to processes or technologies that need to be implemented, to consider omnichannel, such as different shipping services or sales tools, and others that, although their implementation is not mandatory, are actions that help the company in terms of growth, profitability and response time, in order to provide a better customer experience.

Key words: Omnichannel, customer, retail, companies.

1. INTRODUCCIÓN

Con las nuevas tecnologías disruptivas de la era de la digitalización, los compartimientos de compra de los clientes han cambiado y han creado muchos desafíos para la industria minorista. Ahora en día los clientes buscan nuevas maneras de adquirir productos y servicios, respondiendo de manera

diferente a los canales de venta que estén a su disponibilidad, con el fin de obtener un ahorro de dinero, tiempo, reducción de riesgo y una mayor comodidad. [1]

La pandemia del coronavirus/COVID-19 está teniendo un impacto significativo en las empresas de todo el mundo:

- Afectando la producción.
- La cadena de suministro.
- Impacto en el mercado financiero.

A medida crece, los comportamientos de los gobiernos, negocios y consumidores están cambiando rápidamente. Se puede destacar un informe por el Departamento de Administración de Empresas UCA sobre la situación de la empresa salvadoreña frente a la emergencia COVID-19, en el cual se expone un análisis estadístico no representativo sobre cómo han tenido que enfrentar los empresarios o líderes de los sectores empresariales a la situación actual [2].

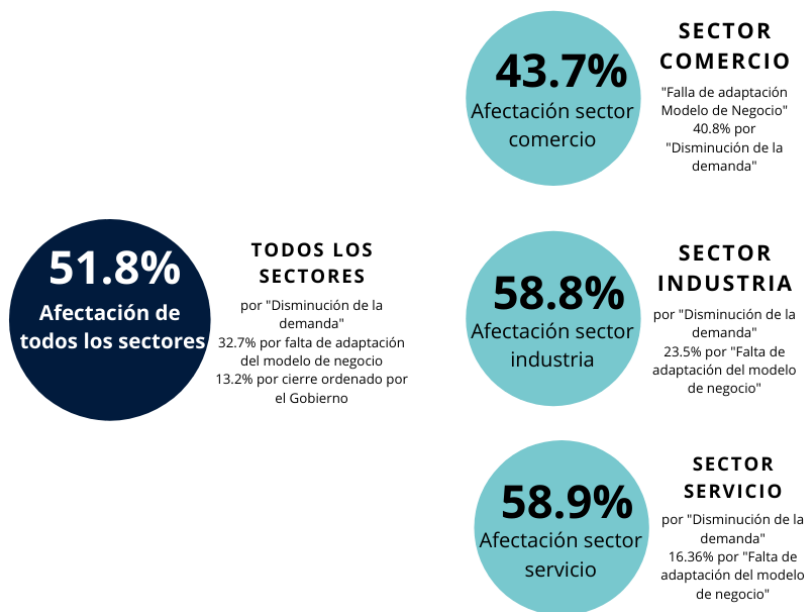


Figura 1 Razón de afectación por sector empresarial. Elaboración propia con los datos de UCA [2].

La Figura 1 muestra el porcentaje de afectación en el sector empresarial general y también individualmente: comercio, industria y servicio. Las razones de afectación de esos sectores han sido por la disminución de la demanda, por la falta de adaptación del modelo de negocios y por el cierre ordenado por el gobierno.

Por otro lado, en el informe se demuestran unos hallazgos relevantes sobre el cierre de negocio por tamaños de la empresa (Figura 2) [2].

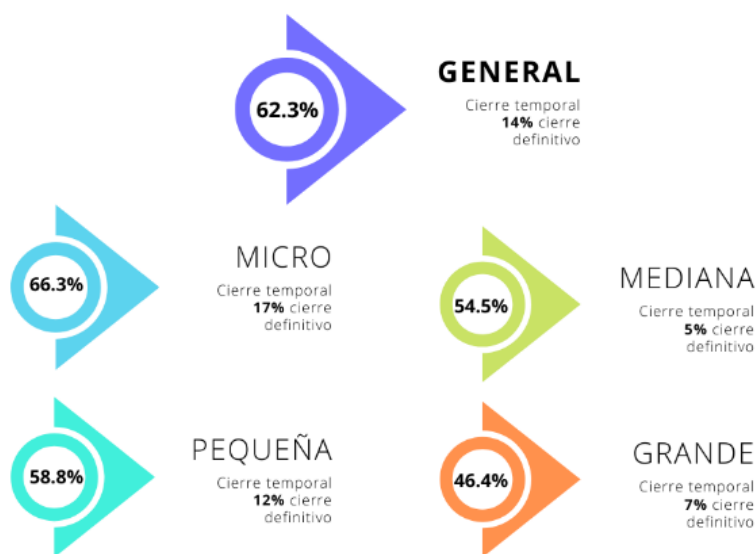


Figura 2 Cierre de negocio por tamaño de empresa. Elaboración propia con datos de UCA [2].

El sector micro es la más afectada con un 66.3% de empresas que serán cerradas temporalmente, y con el porcentaje más bajo es de las empresas grandes con un 46.4% con un cierre temporal [2]. Esto se debe a que no existe un plan de negocio para adaptarse rápidamente a estas situaciones que se enfrenta a la emergencia actual. Son pocas las empresas que han podido adaptarse a estos cambios y realizar un modelo de negocio para la situación actual y mejorar su economía.

A nivel mundial, de acuerdo a un estudio que incluye a las 3,000 principales compañías globales por capitalización de mercado en 2019, se concluye que la capitalización de mercado ha disminuido en todos los sectores, con una variación significativa en la medida de disminución [3]. Como se observa en la Figura 3, el negocio de retail presentará una caída entre 0 a 15% debido al cierre temporal de muchas tiendas en todas partes del mundo. No obstante, existe un crecimiento en las compras en línea, esto podría conllevar a un cambio en el comportamiento de compra después de la pandemia, marcando una tendencia de crecimiento para los diferentes canales de tiendas de conveniencia, servicios de alimentos y salud que están en auge en los Estados Unidos, así como los modelos minoristas nacientes que podrían ganar impulso. [4]

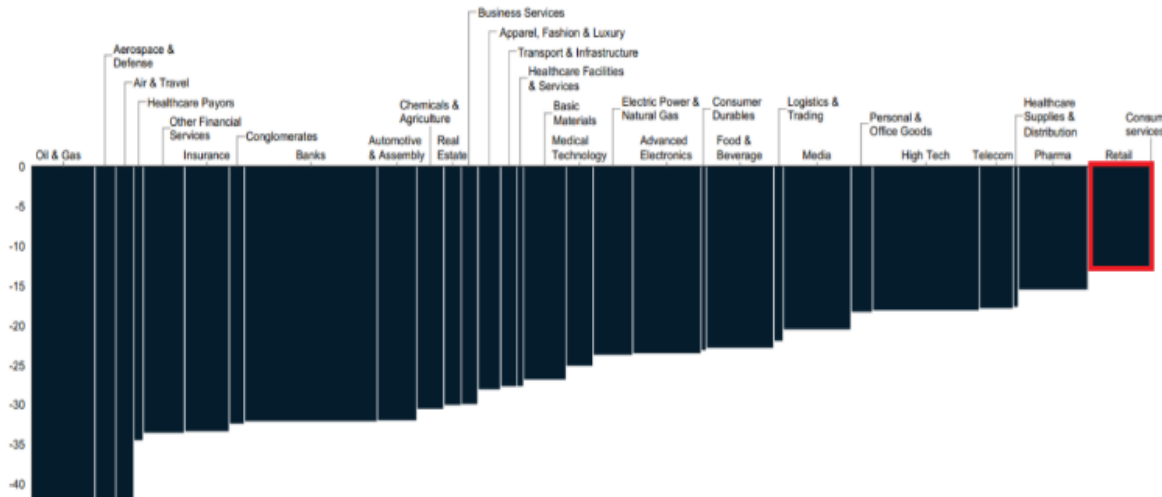


Figura 3 Capitalización de mercado según sector. Fuente: Corporate Performance Analytics. S&CF Insights. S&P

Con la crisis que ha generado la pandemia del COVID-19, queda claro que la estrategia de omnicanalidad está incrementando. No obstante, el desarrollo de omnicanalidad no es una solución compulsiva para todos los negocios retail. En la Figura 4 se analiza el comportamiento de las tiendas minoristas a lo largo de los últimos cinco años, notando una clara disminución de ingresos en las tiendas físicas y un aumento del 12.5% en el comercio electrónico.

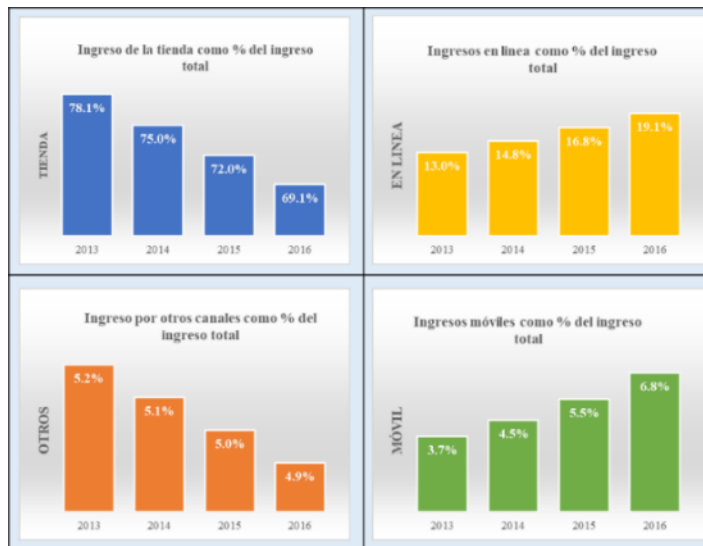


Figura 4 Cambio en el porcentaje de ingresos por canal del 2013 al 2016. Fuente: Ver referencia [5].

Para los próximos años, los ingresos en las tiendas físicas seguirán disminuyendo y los canales online y móviles contribuirán más del 25% del total de ingresos, e independiente la cantidad, esto aumentará enormemente en la medida que las empresas jueguen un papel integral para influir en las ventas en los diferentes canales, aspirando a ser un centro comercial para servicios y entrega del producto, y entregar experiencias únicas a los clientes [5].

A. Objetivos

1) General

Conceptualizar el término de logística omnicanal basado en estudios de casos de éxito de aplicación de un modelo de omnicanalidad en las empresas, realizando así un plan de acción con factores clave a considerar para la correcta implementación del mismo.

2) *Específico*

- Definir el concepto de omnicanalidad en la comercialización de la marca de una empresa, exponiendo los factores que inciden en la diferenciación entre modelos de canales de venta.
- Identificar los principales beneficios al implementar la omnicanalidad.
- Analizar casos de éxito de empresas que aplican omnicanalidad en sus procesos logísticos.
- Proponer un plan de acción con las consideraciones necesarias para implementar un modelo de omnicanalidad.

El objetivo de este trabajo es que, a través de una revisión de literatura de conceptos, llevar a cabo un estudio de casos de empresas con mayor éxito en el ámbito de omnicanalidad, para posteriormente desarrollar un plan de acción donde se pretende colocar factores específicos necesarios que debe tomar una empresa para lograr este modelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.*A. Casos de Éxito de Omnicanalidad*

Se analizan diez casos de empresas que han logrado migrar al modelo omnicanal con éxito, los cuales son los siguientes: Amazon, Best Buy, Target, Walmart, Sephora, Zara, Alibaba Group, Elektra, Falabella, Liverpool.

Para eso se realizó un estudio de búsqueda en donde se explica detalladamente como éstas empresas llevan a cabo estos procesos de omnicanalidad mediante la elaboración de fichas técnicas. Como primer punto, es necesario definir los cinco atributos claves de omnicanalidad, con sus respectivos indicadores, los cuales son: Servicio de envío, logística, herramientas de venta, promoción de uso combinado de canales y mediciones omnicanales. Adicional a estos cinco atributos se incluirá una categoría denominada “propios”, la cual hace referencia a todos aquellos procesos o servicios que la empresa particularmente ofrece. Esas categorías son de gran ayuda para identificar cuáles son las técnicas que utilizan cada empresa y como han logrado desarrollar un modelo omnicanal con éxito.

Para tener una mejor visualización en la Tabla 1 se presentarán los indicadores por categorías que se encuentra en las mallas comparativas en los cuales se colocaron cheques en cada indicador con su respectiva información que se había realizado anteriormente para las 10 empresas.

Tabla 1 *Categorías e indicadores para malla comparativa.*

Servicios de envío	Logística	Herramientas de venta
Delivery	Inventarios integrados	Cajas de autoescaneo
Click & Collect	Embalaje de pedidos	Plataforma de pago
Dropshipping		Pantalla electrónica
Devoluciones		Realidad aumentada
Promoción del uso combinado de canales		Mediciones omnicanales
Aplicación móvil	Wifi en tienda	Plataforma electrónica
Sitio web	Incentivos financieros	Servicio al cliente
Consistencia de precio	Personalización con el cliente	Propio

Luego de presentar las fichas técnicas con la información pertinente de las empresas, se realizó una malla comparativa (Tabla 2 y Tabla 3), que es una síntesis de lo investigado sobre las empresas en el marco omnicanal, cuya finalidad es contrastar las distintas técnicas aplicadas en sus procesos o servicios de venta.

Tabla 2 Comparación en servicios de envío, logística y herramientas de venta.

	amazon	BEST BUY	TARGET	Walmart	SEPHORA	ZARA	Alibaba.com	elektra	falabella.	Liverpool
SERVICIOS DE ENVÍO										
Delivery	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Click & Collect	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dropshipping	✓		✓				✓	✓	✓	
Devoluciones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LOGISTICA										
Inventarios integrados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Embalaje de pedidos	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
HERRAMIENTAS DE VENTAS										
Cajas de autoescaneo			✓	✓		✓				
Plataforma de pago		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 3 Comparación en promoción de canales, mediciones omnicanales y técnicas omnicanales propias.

	amazon	BEST BUY	TARGET	Walmart	SEPHORA	ZARA	Alibaba.com	elektra	falabella.	Liverpool
HERRAMIENTAS DE VENTAS										
Pantalla electrónica	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Realidad aumentada	✓				✓	✓	✓	✓		
PROMOCION DE USO COMBINADO DE CANALES										
Aplicación móvil	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sitio web	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consistencia de precio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wifi en tienda	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Incentivos financieros		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
Personalización con el cliente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MEDICIONES OMNICANALES										
Plataforma electrónica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Servicio al cliente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PROPIO										
Técnica omnicanal propia	✓	✓		✓	✓	✓				

Para finalizar se realizó un análisis de las empresas por cada categoría:

- *Servicios de envío:* Se observa en la Tabla 2 que todas las empresas cuentan con sistemas de envío por Delivery, Click & Collect y Devoluciones.
- *Logística:* en la Tabla 2, todas las empresas estudiadas, salvo Liverpool, aplican la metodología de inventario integrado.
- *Herramientas de venta:* Destacar que solamente Zara cumple con los cuatro criterios. Las cajas de auto escaneo no han sido tomadas en la mayoría, puesto solamente Target, Walmart y Zara poseen éstas.
- *Promoción de uso combinado de canales:* La Tabla 3 nos muestra que las empresas se apoyan de las plataformas eléctricas para poder comercializarse.
- *Mediciones omnicanales:* Todas las empresas ofrecen el servicio de tracking de pedidos a sus clientes, según se observa en la Tabla 3, unos a través del sitio web, como Amazon, Target, Zara, Elektra y Liverpool, y otros por plataformas específicas, como lo hacen Best Buy, Walmart, Sephora y Falabella.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Cualquier empresa que quiera poner en marcha un modelo omnicanal de comercialización debe comprender que no existe una serie de procesos lógicos de implementación a seguir donde se marque un inicio y un fin. Ante esto, surge la necesidad de conocer cómo construir un camino hacia

la omnicanalidad, lo cual implica a las empresas el diseño de nuevas estrategias y tácticas que ayuden a satisfacer la experiencia del cliente omnicanal y cree una relación profunda y personal con este, mediante sistemas integrados e interactivos bajo un enfoque centrado en el cliente. Para ello, se presenta un plan de acción que indica aspectos puntuales que una empresa debe evaluar bajo el marco omnicanal dentro de su estructura operacional. El plan de acción propuesto se muestra en la Tabla 4, en la que se propone una estructura de implementación de cuatro fases. Cada una de ellas representa una etapa por la cual la empresa debe evaluar su empresa, especialmente en el ámbito operacional, logístico y marketing.

Tabla 4 Plan de acción para omnicanalidad.

DESCUBRIR	PLANEAR	ACTUAR	OPTIMIZAR
Visión	Evaluación	Organización	Gestión del rendimiento
Paisaje	Plan estratégico	Procesos	Puntos de referencia
Caso de negocios	Hoja de ruta	Herramientas y tecnología	Mejora continua

A. Descubrir

En este primer punto en búsqueda de implementar el modelo omnicanal en una empresa, se desea realizar una autoevaluación para tener la perspectiva con lo que cuenta la empresa y cómo están colocados en el mercado actualmente, esta evaluación se divide en seis categorías las cuales son: operaciones de tienda; experiencia del cliente; tecnología y datos; marketing y comunicaciones; diseño de la tienda e impacto y rentabilidad [6].

Las expectativas de los clientes son tan altas y cambiantes que las empresas deben invertir constantemente en tecnologías para adaptarse rápidamente y poder ofrecer la mejor experiencia omnicanal, en este apartado se analizan los comportamientos de compra cambiantes de los clientes y las técnicas que utilizan los minoristas a lo largo del ciclo de vida del cliente para brindar un servicio omnicanal superior. Todo ello bajo los pilares de fulfillment, marketing, comercialización y servicio al cliente [6].

B. Planear

Las organizaciones necesitan evaluar su madurez omnicanal para comprender su estado actual y compararlo con su estado deseado. Comunicar esta brecha ayudará a la compañía a explicar dónde se encuentra la empresa frente a la competencia para que el equipo ejecutivo pueda guiar el plan estratégico al siguiente nivel. Asimismo, las organizaciones necesitan saber dónde empezar, qué iniciativas tendrán mayor impacto en sus negocios y que compañías lo están haciendo bien [8].

Las claves que permiten una experiencia omnicanal a los clientes se basan en tres aspectos: Experiencia digital del cliente, excelencia operacional digital, y el compromiso omnicanal con el cliente; en base a esto se califica la empresa en la etapa de madurez omnicanal: principiante, intermedio, avanzado o líder [8].

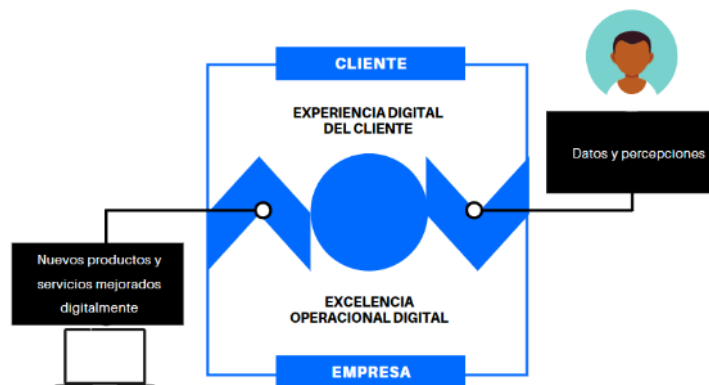


Figura 5 Excelencia Operacional Digital y Experiencia Digital del Cliente para brindar una experiencia fluida al cliente [8].

Las organizaciones de hoy deben tener un plan estratégico integral que alinee sus equipos internos con una visión única para la excelencia omnicanal [8].

En esta fase se describe los pilares principales para desarrollar el plan estratégico, el cual debe tener sus pilares en las 4C:

- **Consumidor:** Deseos y necesidades del cliente.

- *Costo para satisfacer*: Costo monetario, así como el beneficio del producto, o la falta de él, para el cliente.
- *Conveniencia para comprar*: Debe realizarse en base a los hábitos de los clientes.
- *Comunicación*: Interacción entre comprador y vendedor.

Para tener éxito en la era del cliente, los líderes de negocios electrónicos no solo deben comprender sino también responder rápidamente a lo que está haciendo el consumidor y cómo está cambiando su comportamiento [9]. Los profesionales de negocios digitales deben liderar el esfuerzo para crear una hoja de ruta de cumplimiento omnicanal. Este roadmap debe describir cómo pasar del estado actual de la organización a uno que coincida con la visión establecida por los líderes de la empresa (Figura 6).



Figura 6 Estado actual y futuro deseado de la organización [9].

Una hoja de ruta de cumplimiento omnicanal normaliza un proceso largo, complejo y confuso al tiempo que coloca los cimientos necesarios para mantener a los minoristas en el camino correcto. En la creación de un roadmap, se necesitan ver las capacidades críticas claves que impulsan la venta minorista omnicanal [10]:

- 1) *Centrarse en el cliente*: Los consumidores de hoy en día están más informados, capacitados y tienen más conocimientos digitales antes de interactuar con los minoristas desde su casa, mientras viajan, en la tienda, etc. Los puntos a desarrollar son los siguientes:
 - Colocar a los clientes en el centro de la estrategia.
 - Hacer un mapa del viaje del cliente (Customer Journey).
 - Comprender el ciclo de vida del cliente.
 - Tener una visión única del cliente a través de sus canales (Cliente 360° o Single Customer View).
 - Hacer que en cada punto de contacto se pueda comprar.
- 2) *Precios y consistencia del ciclo de vida del producto*: Los consumidores pasan más tiempo investigando y comparando productos en múltiples canales, por ello la importancia de las organizaciones en cuanto a precio y consistencia de sus productos o servicios son:
 - Ofrecer productos y servicios de alta calidad y la información sobre los precios se vuelven primordiales.
 - Coherencia de precios en todos los canales es el aspecto más valioso de la omnicanalidad.
- 3) *Sistema robusto de gestión de pedidos para la integración perfecta de canales*: La necesidad de un sistema para toda la empresa que proporcione constantemente información precisa y en tiempo real sobre los niveles de existencias, el inventario en tránsito, y la información específica sobre el pedido, ha sido tan grande hasta ahora, dado que los clientes realizan pedidos a través de múltiples canales y ubicaciones [11].
 - La gestión de existencias a través de un software OMS.
 - Ayudar a proporcionar una vista única de los pedidos en toda la empresa.
 - Consolidar inventario de tiempo real o lo más cercano posible.
 - Cumplimiento de los pedidos desde las tiendas físicas.

Es muy importante tener un OMS que permita aplicar las estrategias omnicanales, tales como: Click & Collect o Envío de una tienda al domicilio (Delivery).

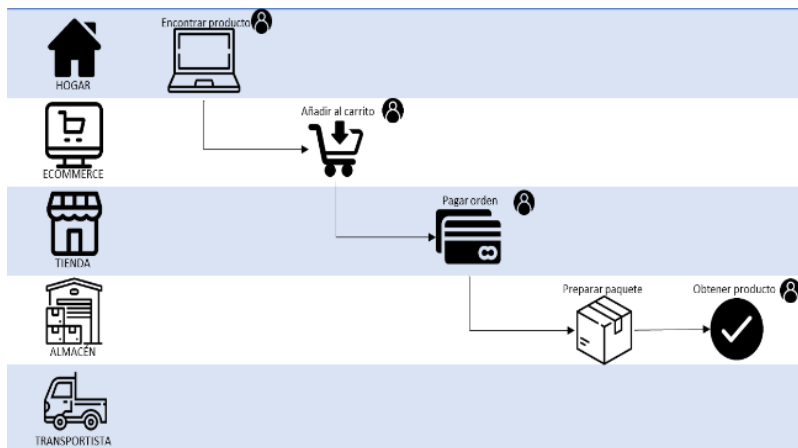


Figura 7 Funcionamiento del OMS en un caso general de Click & Collect.

El envío desde la tienda consiste, en lugar de recoger un pedido desde el almacén, el transportista recoge el paquete preparado en una tienda (Fig. 8).

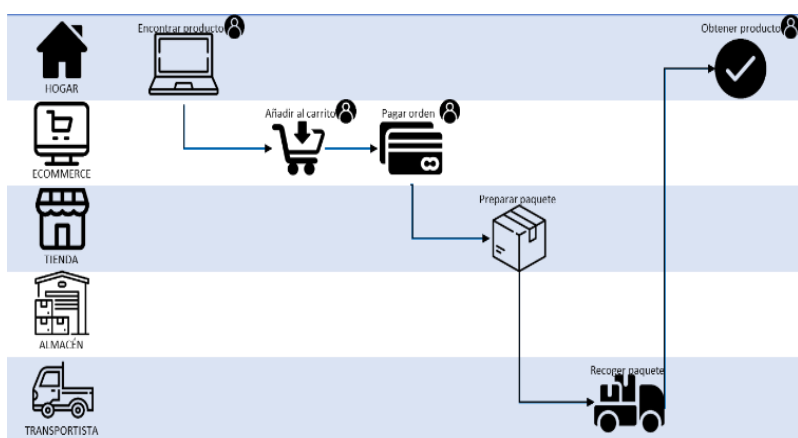


Figura 8 Funcionamiento del OMS en un caso general de envío desde la tienda.

4) *Alineación organizacional*: El último pilar del roadmap para implementar omnicanalidad, pero probablemente el factor más importante es la alineación organizacional. Las operaciones omnicanales fluyen a través de diferentes departamentos, es por ello que:

- Se necesita compromiso del alto nivel de la organización.
- Romper los silos operativos.
- Alinear a un equipo de tecnologías de la información (TI) dentro de la compañía.
- Adopción de nuevas métricas (KPI's).

C. Actuar

Esta etapa consiste en una reestructuración en la visión de la empresa, al migrar a una estructura centrada en el cliente. A continuación, se presenta una manera de implementar una estrategia omnicanal enfocándose en el cliente [12]:

- Comprensión del cliente.
- Desarrollar el personaje del cliente.
- Refinar.
- Alinear contenido con el comprador.
- Priorizar canales y dispositivos.
- Invertir en atención al cliente.

Cuando se planea llevar a cabo el modelo omnicanal con la visión centrada en el cliente, hay procesos operativos que son totalmente necesarios que la empresa posea, así como también procesos o acciones que apoyan al modelo en factores de crecimiento, rentabilidad o eficiencia de la empresa. Tales como:

- *Servicios de envío*: entrega a domicilio, recoger en tienda, lockers de almacenamiento, tiendas de conveniencia o locales cercanos a éstas.
- *Servicios financieros*: consistencia de precio de los productos entre canales, es importante que el cliente reconozca que sin importar el canal por el cual decida comprar, el servicio ofrecido tendrá el mismo valor que cualquier otro canal.
- *Logística*: seguimiento de pedidos (tracking). La empresa debe poder hacer conocer al cliente el estado del pedido, en qué etapa se encuentra, si ha sido enviado o recibido, toda esta información debe ser brindada en tiempo real por medio de los canales pertinentes.

La implementación de un sistema omnicanal da posibilidad a las empresas retail de contar con redes expansivas de socios, proveedores y servicios digitales, teniendo como resultado en los clientes una experiencia completamente fluida y brindado exactamente lo que quieren [13].

D. Optimizar

El Enterprise Performance Management (EPM), o Gestión del Rendimiento Empresarial es la base que permite a las organizaciones ser más eficientes y mantenerse por delante de su competencia directa. Con apoyo de los KPI's, ayudarán a mejorar las decisiones estratégicas que se llevan todos los días en la empresa. Es por eso que necesitamos un EPM porque la empresa debe controlar todos los procesos de gestión del rendimiento definiéndolos y comunicando esas estrategias a todos los empleados [14].

Se deben asignar los KPI's específicos para administrar y evaluar el desempeño de cada departamento de la compañía (Figura 9).



Figura 9 Categorías de KPI's para medir la eficiencia omnicanal.

Todas esas categorías de KPI's se centran en la mejora del rendimiento, que es la premisa central de la gestión del rendimiento. Para garantizar que las estrategias omnicanal se controlen e implementen de manera eficiente, los retailers deben utilizar diferentes softwares para tener éxito: plataforma de datos de cliente, automatización de marketing, gestión de inventario de productos (PIM) y sistemas de gestión de pedidos (OMS).

Se puede optar por varios softwares y luego trabajar para integrarlos para que funcionan en conjunto, o puede optar por un software que proporcione todas estas capacidades de forma inmediata en para que se pueda manejar en una sola plataforma. La decisión se basa más en el presupuesto de la compañía, el tamaño del equipo que se requiere, las necesidades comerciales y la visión y el afán por la adaptación de la tecnología en la empresa.

Llevar la empresa a la estrategia omnicanal requiere de una gran táctica sólida para permitir su crecimiento. Actualmente, la tecnología permite mantener al tanto de todas las necesidades de la empresa, pero también a crear nuevos canales que ayuden a las ventas. La creación de la omnicanalidad en empresas retail requiere de mucho tiempo y esfuerzo, es muy necesario monitorear constantemente las áreas de mejora que brindaran a la experiencia del cliente para que sea más enriquecedora.

A medida que las compras omnicanales se están convirtiendo en la nueva norma, los consumidores y las empresas minoristas deben estar preparadas para ofrecer un servicio omnicanal rápido e impecable. Hacerlo requiere de un nuevo enfoque en la cadena de suministro.

La cadena de suministro omnicanal del futuro tiene siete elementos clave que combinan las mejores prácticas con lo digital [15]. Éstas se basan en los 7 pilares de la cadena de suministro para la excelencia omnicanal:

- 1) *Estrategia de cadena de suministro centrada en el cliente*: punto de partida para diseñar una cadena de suministro omnicanal.
- 2) *Red y ecosistema del futuro*: la cadena de suministro proporciona la velocidad y flexibilidad requerida, aprovechando la información, los activos y capacidades de los colaboradores.
- 3) *Planificación E2E (end to end) y flujo de información*: flujo de información de productos correctos en el lugar correcto en el momento correcto, en tiempo real, para entregar de acuerdo con las expectativas del cliente.
- 4) *Cumplimiento omnicanal (operaciones en bodega)*: capacidades claves de flujo físico que aseguran estructuras de costos competitivos y calidad mientras se maneja la complejidad.
- 5) *Cumplimiento omnicanal (Transporte y gestión de proveedores de logística)*: capacidades clave de flujo físico que brindan un servicio confiable y rápido a todos los clientes, al tiempo que se garantiza costos de transporte competitivos.

- 6) *Modelo operativo y gestión del cambio*: la estrategia organizativa clave para la empresa y su potencial de cadena de suministro digital captura a las personas y ofrece un valor excepcional para el cliente.
- 7) *Digitalización y automatización de procesos*: habilitador tecnológico clave que utiliza datos omnicanales disponibles, analíticos, y sistemas de cadena de suministro a lo largo de toda la cadena de valor, así como los socios del ecosistema omnicanal.

Desarrollar la experiencia omnicanal genera un gran valor para las empresas retail, el presente trabajo muestra que los clientes suelen comprar más en línea, y estos clientes que hacen sus pedidos en medios digitales y los recogen en la tienda física, realizan compras adicionales. Es por ello de la importancia de estas estrategias para generar mayores ventas y una mejor experiencia del cliente.

El resultado de aplicar procesos de mejora continua es que los procesos operativos se perfeccionan, la empresa se vuelve más competitiva y más capaz de responder a las exigencias que tienen sus clientes. Hay que tener buena actitud y conciencia en la compañía para no dejar de avanzar a esas tecnologías, ser más competitivos y hacer diferente a la empresa.

4. CONCLUSIONES.

En la actualidad las empresas se han enfrentado a un acontecimiento histórico sin precedentes, que ha sido la pandemia COVID-19, la cual ha dejado en evidencia que la mayoría de estas empresas no estaban listas para acoplarse a la situación, siendo así que un 32.7% de todo el sector empresarial en El Salvador no pudo adaptar su modelo de negocio a la dinámica requerida por la emergencia y muchos negocios estuvieron en la obligación de cerrar temporal o definitivamente, de acuerdo al informe realizado por la UCA (2020). Es por ello que trascender la barrera de un modelo multicanal hacia un omnicanal ya no es solo una opción sino una necesidad en la realidad que se vive, ya que esta ofrece la interacción con el cliente a través de todos los canales de manera íntegra, ofreciendo la misma experiencia a través de todos ellos, gracias a que garantiza una fácil adaptación y flexibilidad a los entornos de economías cambiantes.

Tras la investigación realizada a lo largo del trabajo de graduación se ha podido conceptualizar la omnicanalidad, la cual implica un sistema integrado de todos los canales existentes, siendo esto más notorio cuando se da la interacción entre canal físico y el digital, dado que es novedosa al combinar la tecnología y plataformas digitales con los modelos tradicionales de compras, y es única debido a que el cliente percibe una misma experiencia sin importar el canal en el cual se encuentra en el proceso de compra. En relación a lo antes expuesto se concluye que lograr una correcta implementación del modelo omnicanal genera una atracción en los nuevos consumidores y esto se obtiene cuando todos los sistemas, tecnologías y operaciones se encuentran alineados bajo una visión centralizada en el cliente, la cual se enfoca en comprender los hábitos de compra del cliente y desarrollar una identidad de este, para así brindar un servicio más personalizado y conveniente a sus necesidades.

En esta perspectiva, el estudio de empresas que operan bajo un modelo omnicanal de comercialización sirve como guía para evaluar la manera en que llevan a cabo sus procesos y a raíz de eso identificar atributos claves para su ejecución. Tras analizar empresas que han implementado un exitoso modelo omnicanal, se concluye que existen procesos y acciones que en la omnicanalidad son necesarios ejecutar para que el sistema pueda operar de manera íntegra e interactiva con el cliente y que se adapte a la realidad de la empresa, como lo son los distintos servicios de envío, operaciones logísticas o nuevas tecnologías; y otros que no son fundamentales en el modelo, sin embargo, apoyan al crecimiento, rentabilidad y tiempo de respuesta, tal como es el servicio dropshipping o la realidad aumentada, entre otras acciones mencionadas.

El primer paso para la implementación de un modelo robusto de la omnicanalidad es una visión clara de la situación actual de la compañía, así como de las capacidades, fortalezas, debilidades y los objetivos planteados. Es por ello que en base a esta guía se deben redefinir y ajustar a las necesidades de cada empresa, de modo que se generen soluciones específicas. Para ello, la recopilación y análisis de datos juegan una parte crucial para obtener percepciones respecto a los hábitos de compra de los consumidores, expectativas y necesidades, que permitan personalizar el viaje de compra a lo largo de una marca, así como la aplicación de tecnología en todos los puntos de contacto, garantizando una experiencia fluida y sin fricción.

Las empresas deben crear una estrategia y visión común para una experiencia del cliente omnicanal, esto ligado a generar incentivos y métricas para garantizar una implementación exitosa; y finalmente, se debe optimizar la red de la cadena de suministros, permitiendo integraciones de inventario a través de los canales, tiendas en la nube, centros de distribución, entre otros. La tecnología es un facilitador clave. La combinación de nuevas soluciones tecnológicas junto con las proyecciones de ROI ayudarán a impulsar la estrategia omnicanal en todos los niveles de negocio.

No obstante, no solo basta con tener las herramientas adecuadas a disposición, sino también, se debe asegurar de que el equipo de trabajo y los clientes sepan utilizarlas en todo su potencial, es por ello que un factor clave es entrenar al equipo y a los clientes a aprovechar estas iniciativas omnicanales.

5. REFERENCIAS.

- [1] Lockton, J.; Higgins, S.; & Streatfield, P. (2013). *Retail supply chain management: The omni-channel revolution*. UK: LCP Consulting.
- [2] UCA. (2020). *Situación de la empresa salvadoreña frente la emergencia COVID-19*. El Salvador: UCA. Recuperado de http://www.uca.edu.sv/wp-content/uploads/2020/05/investigacion-uca-situacion-de-la-empresa-salvadorena-frente-la-emergencia-covid-19.pdf?fbclid=IwAR1BomQ7rpbG7WUaqillyZSSAHTAIO5bLvDnz0XTb93qjCRj_ilFhqBwW3-0
- [3] COVID-19: Global health and crisis response. (2020). *McKinsey & Company*, 20-23.
- [4] Enberg, J. (2020). COVID-19 Concerns May Boost Ecommerce as Consumers Avoid Stores. *Emarketer*.
- [5] Skorupa, J. (2013). *Understanding the retail singularity*. *Retail Info Systems News (RIS)*, 4-5. Recuperado de <https://risnews.com/2013-cross-channel-tech-trends-study-understanding-retail-singularity>.
- [6] Deloitte. (2017). *Building your omni-channel journey*. Recuperado de Deloitte: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/strategy/Omni-channel_Sales_Collateral-ONLINE.pdf
- [7] Kibo (2016). *Building a business case for omnichannel commerce*. Recuperado de <https://kibocommerce.com/wp-content/uploads/2019/07/WP-Building-a-Business-Case-for-Omnichannel-Commerce.pdf>
- [8] Tajima, C., & Witcher, B. (2018). *The Omnichannel Maturity Assessment*. Recuperado de FORRESTER: <https://advance.biz-tech-insights.com/whitepaper/The-Omnichannel-Maturity-Assessment.pdf>
- [9] Witcher, B. (2016). *Forrester's Q2 2016 Global eBusiness And Channel Strategy Professional Online Survey*. EE.UU.: FORRESTER.
- [10] Aucamp, J. (2017). *Creating an Omni-channel roadmap*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/creating-omni-channel-roadmap-jaco-aucamp>
- [11] Deloitte. (2015). *Omnichannel retail: A Deloitte Point of View*. Recuperado de Deloitte: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/se/Documents/technology/Omni-channel-2015.pdf>.
- [12] OmniCX. (2020). *A practical guide for retailers aiming to implement an omnichannel strategy*. Recuperado de https://www.omnicx.com/assets/pdf/achieving_omnichannel_success.pdf.
- [13] Cardconnect. (2020). *Navigating the Future of Omnichannel Retailing*. Recuperado de <https://cardconnect.com/launchpointe/running-a-business/future-of-omnichannel-retail>
- [14] Deusto Formación. (2014). *Deusto Formación*. Recuperado de: <https://www.deustoformacion.com/blog/gestion-empresas/importancia-gestion-rendimiento-empresarial>.
- [15] Fleischer, W., Graf, C., & Lange, T. (2020). Supply chain of the future: Key principles in building an omnichannel distribution network. *McKinsey & Company*, 2-3. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/Supply%20chain%20of%20the%20future%20Key%20principles%20in%20building%20an%20omnichannel%20distribution%20network/Supply-chain-of-the-future.ashx>

Agradecimientos

En el presente trabajo de graduación queremos dar gracias a Dios por haber culminado satisfactoriamente nuestra carrera universitaria, por habernos fortalecido como equipo de trabajo, y porque todo el esfuerzo puesto por el equipo se vio reflejado en la conclusión del trabajo. Agradecer a la Buena Madre, nuestro Recurso Ordinario acorde al Padre Champagnat, que siempre intercede por nosotros y como Maristas que somos nos ha acompañado desde la niñez.

Agradecemos a nuestros asesores: Ing. César Melara por habernos guiado desde el comienzo, que a pesar de las adversidades que se presentaron en las condiciones actuales de trabajo que obligaron a que el proceso se tuviera que realizar de manera distinta, siempre estuvo al pendiente de nosotros y apoyándonos a partir de su experiencia y profesionalismo; y Ing. Manuel del Moral por la confianza depositada en el equipo y por la orientación brindada para alcanzar los objetivos del trabajo de graduación, su aporte siempre fue valioso en las asesorías. A ambos por la amistad y el apoyo brindado a nosotros, que nos llevó a culminar de la mejor manera nuestra carrera profesional. Gracias por haber sido un ejemplo a seguir y por los conocimientos compartidos que nos ayudarán a desarrollarnos como futuros Ingenieros Industriales.

Agradecemos a nuestros docentes del Departamento de Operaciones y Sistemas, fueron modelos para nosotros, nos mostraron cómo funciona el mundo laboral a través de la experiencia de ellos y con ello conectarlo a su didáctica para luego nosotros poner en práctica la teoría en las distintas áreas de la carrera. Gracias por motivarnos a dar lo mejor de nosotros en cada meta que nos propongamos.



Gestión Económica

	Título del Trabajo	Código
	Costeo de actividades del sector de rectificación de tapas de cilindro de motores	CO20-D01
	Análisis comparativo de inductores que determinan el consumo de actividades requeridas en el servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna	CO20-D03
	Evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina. Etapa 1	CO20-D07
	Costos operativos de implementación y sostenimiento de la metodología de teletrabajo. Caso aplicado a una empresa industrial de la región de La Plata	CO20-D08
	Factibilidad Económica para la Producción de Etanol Lignocelulósico por medio del Rastrojo de Maíz Mediante la Aplicación de un Modelo Matemático	CO20-D09
	La minería metalífera en Santa Cruz - Su importancia en empleo y desarrollo	CO20-D14
	Caracterización espacial de clústeres productivos como estrategia de activación de las ZEE en México	CO20-D15
	Evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina. Etapa 2	CO20-D16
	Gestión económica de la innovación tecnológica: Un análisis transversal de aplicación a escala mundial	CO20-D17

Costeo de actividades del sector de rectificación de tapas de cilindro de motores

Rodríguez, Ma. Elvira*; Tucci, Víctor; Cerutti, Exequiel; Lupotti, Ignacio

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.

Lavaisse 610-Santa Fe.

**mrodriguez@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

En la actualidad para determinar el costo del proceso de rectificación de un motor, los talleristas solamente cuentan con una planilla elaborada por la Federación Argentina de Cámaras de Rectificadores de Automotores (FACRA) que brinda un costo estimado de mano de obra. El inconveniente se presenta al desconocerse cómo se obtiene y actualiza. En la literatura científica, las propuestas se limitan a cuantificar solamente algunos aspectos del proceso de rectificación para determinar su costo. Bajo este escenario, el propósito de esta investigación es estudiar las actividades del proceso de rectificación de tapas de cilindro de motores y determinar sus costos mensuales, analizando los resultados de un estudio de caso local. Este trabajo es el punto de partida para el desarrollo futuro de una herramienta para la toma de decisiones en la gestión de costos para las empresas de rectificación de motores. Se espera contribuir para que las empresas del rubro tomen buenas decisiones con base en información confiable.

Palabras clave: Toma de decisiones, Costos, Rectificación, Tapa de cilindros, Motores.

ABSTRACT

At present, to determine engine rectifying process costs, employees only have a sheet prepared by the Federación Argentina de Cámaras de Rectificadores de Automotores (FACRA) that provides an estimated labor cost. The problem is that it is unknown how this labor cost is obtained and updated. Scientific literature proposals are limited to quantify only some aspects of the rectification process. In this context, the purpose of this research is to study the engine cylinder cap rectification process activities and to determine their monthly costs, analyzing the results of a local study case. This work is the beginning of a future development of a cost management decision-making tool for engine rectifying companies. This is expected to help companies in this field to make good decisions based on reliable information.

Keywords: Decision making, Costs, Rectification, Cylinder cap, Engine.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de rectificado de un motor consiste en corregir un conjunto de piezas que se encuentran desgastadas y deformadas debido al rozamiento entre piezas y el calor que tienen que soportar. Llevar a cabo este proceso implica un conjunto de actividades tales como inspección, desarmado y clasificación del motor; limpieza, rectificación, inspección y ensamblado de piezas e inspección final del motor [1]. Lo que se deba realizar en cada una de estas actividades depende del tipo de motor, la pieza a trabajar, tipos y características de los materiales, formas, dimensiones, tolerancias y terminaciones superficiales. Sumado a esto, no solo se debe analizar la complejidad de prestar un servicio (rectificado), sino que se trabaja sobre una pieza o conjunto de piezas con defectos y el resultado del proceso es una pieza o conjunto de piezas que deberían parecerse y funcionar como un producto nuevo. Este tipo de procesos cuentan con una gran diferencia con el proceso productivo clásico, que es de donde se parte el trabajo.

Como resultado, determinar los costos del proceso de rectificado es una tarea compleja.

La gestión de costos es la clave para proveer información de costos, conectar las causas y efectos del desempeño de un negocio y entonces dar soporte a la toma de decisiones [2]. El objetivo que se persigue a partir del cálculo de costos es facilitar la detección e implementación de propuestas de mejoras en los procesos productivos y proveer información para el planeamiento y control de las actividades de la organización en cuestión.

Una vasta variedad de bibliografía científica se focaliza en desarrollar modelos de costos para procesos de

remanufactura [3-5]. El inconveniente de estas propuestas es que no analizan las actividades del proceso completo. Como resultado, el costo de la pieza reparada puede llegar a ser una estimación sin fundamento y a su vez, se pierde la oportunidad de detectar mejoras.

A nivel nacional, FACRA dispone en su página web [6] de una planilla de cálculo que define para cada tipo de operación que se puede realizar en un motor o parte del mismo, un costo estimado de mano de obra, variando el mismo además en función de la marca y modelo de motor. Las operaciones vinculadas a las tapas de cilindro que considera son:

- Rectificar cielo de tapa de cilindro
- Rectificar superficie de tapa (según cantidad cilindros)
- Hacer ranura de parallas en tapa cilindro
- Lavado de Tapa de 1 cilindro de aluminio
- Lavado de Tapa de 1 cilindro de fundición
- Lavado de tapa de más de 1 cilindro
- Granallado de tapa de cilindro
- Armar tapa con botadores fijos 4 cilindros con medidas
- Armar tapa común (según cantidad de cilindros y válvulas)
- Armar/regular tapa c/platillos (según cantidad de cilindros y válvulas)
- Armar tapa con botador hidráulico (según cantidad de válvulas)
- Armar tapa c/regulación especial (según cantidad de cilindros)
- Prueba hidráulica a tapa (según cantidad de cilindros)
- Sacar/colocar asientos de válvulas
- Dar altura precámaras

La desventaja de dicha planilla es que se desconoce cómo se obtiene dicho costo y cuáles son los criterios utilizados para actualizarla, además que no se consideran otros recursos utilizados en los procesos (bienes de uso, servicios, insumos, etc). Por lo expuesto, esta planilla ha dejado de ser un insumo confiable para la determinación de costos por parte de los talleristas dedicados a la rectificación de motores y sus partes.

Como un aporte a la solución de la problemática planteada, en este trabajo se propone el estudio de costos de las actividades en el sector de rectificación de tapas de cilindro que permita contribuir a la toma de buenas decisiones por parte de los talleristas. Se plantea un análisis cuantitativo y cualitativo de los costos en función del consumo de recursos que se haga. Este trabajo es el punto de partida para el desarrollo futuro de una herramienta para la toma de decisiones en la gestión de costos para las empresas de rectificación de motores.

1.1. Marco teórico

El costo es el valor de los recursos considerados necesarios en una operación de producción para el logro de un determinado objetivo [7].

La elección de un modelo de costos debe reflejar cuáles y cuántos son los factores de sacrificio necesarios para obtener los objetivos productivos. Constituye un conjunto de relaciones básicas que orienta los procedimientos utilizados para la determinación y gestión de los costos [8]. El objetivo que persigue todo modelo de costos es, a partir del cálculo de costos, facilitar la detección e

implementación de propuestas de mejoras en los procesos productivos y proveer información para el planeamiento y control de las actividades de la organización en cuestión.

Existen cuatro tipos de modelos de costos denominados puros, desde dos perspectivas a tener en cuenta:

Desde la necesidad cuantitativa:

- Modelo de costeo resultante: considera necesaria la cantidad real insumida, es decir, que calcula el costo teniendo en cuenta la totalidad de factores realmente sacrificados.
- Modelo de costeo normalizado: considera necesaria la cantidad normal pautada, independientemente de las cantidades efectivamente utilizadas, considerándose como excedente la diferencia entre las cantidades de recursos sacrificados imprescindiblemente y los sacrificados realmente, pudiendo resultar esta diferencia tanto positiva (mayor eficiencia) como negativa (menor eficiencia).

Desde la necesidad cualitativa:

- Modelo de costeo variable: el objetivo de costos está vinculado con los factores de comportamiento variable, es decir, sensibles a los cambios en el volumen de objetivos. Considera al sacrificio de los factores fijos como destinado al mantenimiento de la estructura.
- Modelo de costeo completo: se considera cómo factores sacrificados la totalidad de factores, tanto variables como fijos. Este modelo cuenta con dos métodos de cálculo diferentes:
 - Costeo por absorción: se asignan los costos a los productos aplicando una única tasa de asignación para todos los recursos.
 - Costeo basado en actividades (ABC): se costean las actividades y los costos son asignados a los productos en función del consumo que realizan éstos de dichas actividades.

Al relacionar los modelos de costos descriptos anteriormente, se pueden obtener otros cuatro modelos denominados combinados: Completo Resultante, Completo Normalizado, Variable Resultante y Variable Normalizado. Para su aplicación concreta se debe definir qué modelo combinado es necesario aplicar, considerando la estructura de costos de la organización, las características de la estructura productiva y procesos.

2. METODOLOGÍA

La metodología de cálculos de costos elegida para este trabajo se basa en el modelo de costeo completo basado en actividades normalizado. Es decir que se propone poner énfasis en las actividades para el cálculo de costos considerando datos estándares.

El análisis ABC es una herramienta que favorece a resolver la problemática de asignación de costos indirectos, aspecto fundamental en el servicio brindado por las empresas rectificadoras, debido a que éstas prestan un servicio complejo, de gran diversidad de actividades. Se basa en la agrupación de actividades en centros de costos que conforman una secuencia de valor de los servicios de la actividad productiva de la empresa. El flujo se puede observar en la Figura 1.



Figura 1 *Análisis basado en actividades*

Con este abordaje, el desarrollo del trabajo se ordena de la siguiente manera:

- Relevamiento general en base a un estudio de caso: sectores de la planta, niveles de producción, actividades, recursos, consumos y precios de los recursos.
- Matriz cualitativa de relación entre actividades y recursos: se establece qué recursos requiere cada actividad. Se vinculan 28 actividades con 80 recursos relevados.
- Criterios de distribución de costos a actividades: existen recursos exclusivos a ciertas actividades, los que se asignan 100% a la actividad que los consumen, y aquellos recursos consumidos por más de una actividad, se distribuyen en función de criterios coherentes (según el uso que se haga de ellos en cada actividad).

- Cálculo de costos mensuales de actividades: en función de los consumos mensuales y precios de recursos relevados se calculan los costos mensuales de cada actividad. Respecto al alcance de este trabajo, se aclara que se encuentra acotado al estudio de un sector de la planta: sector tapas de cilindro, y a las actividades de producción.

3. DESARROLLO

3.1. Descripción general del caso de estudio

Se estudia una empresa rectificadora de motores de la Región Centro, situada en la ciudad de Santo Tomé, provincia de Santa Fe, de la cual se toman los valores de referencia durante el año 2017 (no se considera el año 2018 por ser un año atípico por el nivel de actividad ante la situación económica financiera transitada por el país).

Los sectores que conforman la rectificadora son: administración, oficina técnica, lavadero, área de tapas de cilindro: primera y segunda parte (definidas por la empresa), sector árbol de levas, turbo, block, bielas cigüeñal y terminación, ocupando un total de 1668 m². Cuenta con un total de 9 empleados.

Las actividades relevadas alcanzan un total de 107, las cuales se distribuyen por sector como se muestra en la siguiente Figura 2:

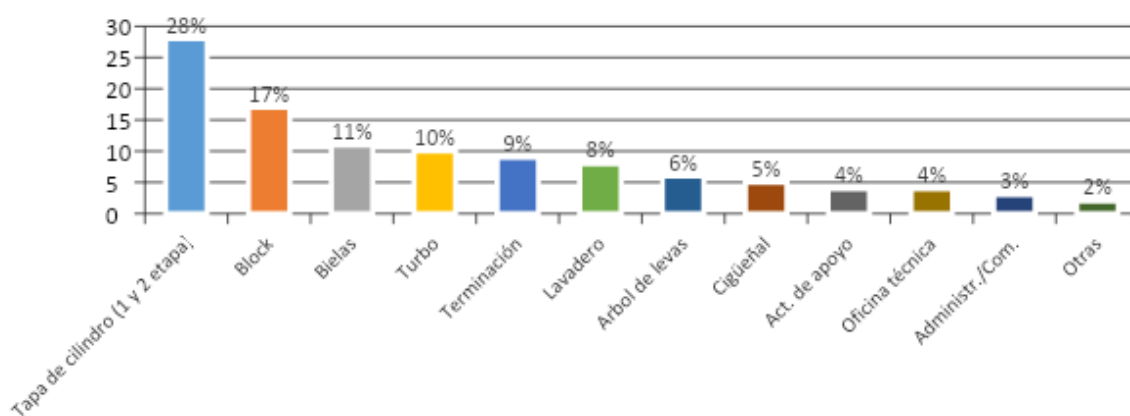


Figura 2 Porcentaje según cantidad de actividades por sector

Las actividades del sector de tapas de cilindro representan el mayor porcentaje del total de actividades que desarrolla la empresa en función de la Figura 2.

En la Tabla 1 se detalla el nivel de producción anual a modo de dimensionar la estructura general de la planta. La parte del motor que se procesa en mayor cuantía es la tapa de cilindro:

Tabla 1 Nivel de producción año 2017

Parte de motor	Cantidad (u/año)
Tapas (solas)	761
Motores (sin tapa)	365
Cigüeñales	66
Bielas	160
Compresores	12
Árbol de levas	114
Turbos	94

3.2. Descripción del sector de tapas de cilindro

En el sector de Tapas de cilindro, trabajan 3 empleados, el área ocupada cuenta con unos 235 m². Los recursos considerados específicamente en el sector de tapas de cilindro son:

- Parte del inmueble (metros cuadrados) correspondiente al área ocupada por dicho sector.
- Servicios: energía eléctrica, agua y gas.
- Equipo de protección personal: protectores auditivos, delantales y guantes.
- Herramientas: un total de 40, tales como destornilladores, llaves tuerca, pinzas, calisuar, machos de roscar, dispositivos de sujeción, entre otros.

- Insumos: 19 elementos, siendo algunos de éstos el gas argón, aceite de bruñido, refrigerantes, varilla aporte de aluminio, electrodos, etc.
- Maquinarias: 13 equipos, tales como: bruñidora, amoladora, prensa hidráulica, rectificadoras, puente grúa, alesadora, etc.

3.3. Descripción de actividades

El total de actividades relevadas en el sector son 28, las cuales no se realizan para todas las tapas, si no que depende del tipo de tapa, según el material (fundición o aluminio) y si posee o no guía, asiento y/o árbol de levas.

Actividades evaluadas en sector de tapas de cilindro

Primera Etapa:

- Probar hidráulicamente tapa de cilindros
- Ajustar guías de válvulas
- Cambiar guías de válvula chicas
- Cambiar guías de válvula grandes
- Entubar guías de válvula
- Bruñir guías de válvula
- Devastar y rellenar tapa
- Extraer asientos de válvula
- Encasquillar asientos de válvula
- Rectificar válvula
- Rectificar asientos de válvula
- Controlar altura de vástago y penetración de válvula
- Rectificar vástago de válvula

Segunda Etapa:

- Controlar roscas y espárragos
- Tensión de resorte de válvula
- Corregir roscas
- Medir alojamiento de árbol de levas y botadores
- Extraer y colocar bujes de levas
- Alesar alojamiento de árbol de levas
- Cepillar tapa de cilindros
- Dar altura de precámaras
- Controlar penetración de válvula
- Armar tapa de cilindros
- Regular tapa con botador fijo
- Regular tapa con botador hidráulico
- Regular tapa con pastillas
- Regular tapa con registro de balancines
- Empaquetar tapa de cilindros

3.4. Fórmulas de cálculos de costos

3.4.1. Costos fijos mensuales por actividad

Son aquellos que no varían dependiendo del nivel de actividad que tenga la planta, es decir que su cuantía permanece constante en el período que se considere. En la Ecuación (1) se puede observar que se compone por el costo de amortizaciones de las maquinarias (C_{AM_a}) e inmueble (C_{AI_a}), por la parte fija de los servicios contratados (C_{PFS_a}) y por el costo que representan los salarios de los empleados (C_{MO_a}).

$$CF_a = C_{AM_a} + C_{AI_a} + C_{PFS_a} + C_{MO_a} \quad \forall a \quad (1)$$

C_{AM_a} : La Ecuación (2) detalla su cálculo, se considera que las máquinas (m) pierden su valor o van desgastándose debido al mero paso del tiempo, por esta razón se amortizan según un período de tiempo determinado "x", en meses. Para esto se definen el parámetro $P_m = \frac{1}{x \text{ meses}}$, período de amortización para cada máquina (m).

Además, " C_m " identifica los costos de adquisición de cada una de las máquinas (m) y k_{am} el porcentaje de utilización de la máquina m para la actividad a.

$$C_{AM_a} = \sum_m C_m * P_m * k_{am} \quad \forall a \quad (2)$$

C_{AI_a} : El inmueble, al igual que máquinas pierden su valor o van desgastándose debido al mero paso del tiempo, por esta razón se amortiza según un período de tiempo determinado "x", en meses tal como muestra la Ecuación (3). Para esto se definen el parámetro $P_I = \frac{1}{x \text{ meses}}$, período de amortización del inmueble.

Además, "I" identifica el costo de adquisición del inmueble y " k_a " el porcentaje de ocupación de acuerdo a la superficie ocupada por la actividad a.

$$C_{AI_a} = I * P_I * k_a \quad \forall a \quad ($$

C_{PFS_a} : Servicios parte fija. Consiste en un monto fijo que debe abonarse mensualmente por el simple hecho de adquirir el servicio, sin considerar el consumo. Los costos fijos de servicios (CSF_s), son multiplicados por un factor " k_{as} " correspondiente a la distribución de utilización de cada servicio "s" a cada actividad "a" como muestra la Ecuación (4).

$$C_{PFS_a} = \sum_s CSF_s * k_{as} \quad \forall a \quad ($$

C_{MO_a} : La Ecuación (5) indica que el costo de los salarios se integra por la sumatoria del salario (incluidas cargas patronales) (S_e) de cada empleado (e), multiplicado por el porcentaje de asignación a cada actividad (K_{ae}).

$$C_{MO_a} = \sum_e S_e * k_{ae} \quad \forall a \quad ($$

3.4.2. Costos variables mensuales por actividad

Representan los costos que varían según el nivel de actividad de la producción. Involucran costos de procesamiento tales como la parte de los servicios que dependen del consumo (C_{PVS_a}) e insumos (C_{I_a}). La Ecuación (6) ilustra su forma de calcularlos:

$$CV_a = C_{PVS_a} + C_{I_a} \quad \forall a \quad ($$

C_{PVS_a} : Servicios parte variable. Es lo que se abona debido al consumo de cada unidad de servicio (s_a). Dependiendo del mismo existe un costo variable del servicio (CSV_s), que multiplicado por lo consumido del servicio para cada actividad (W_{as}), resulta el costo que indica la Ecuación (7):

$$C_{PVS_a} = \sum_s CSV_s * W_{as} \quad \forall a \quad ($$

C_{I_a} : Costo de insumos. La Ecuación (8) representa lo sacrificado en conceptos de los insumos ingresados en las etapas de los procesos. Compuesto por el costo del insumo utilizado (C_{ins}), multiplicado por el consumo del mismo para cada actividad (Q_{ains}).

$$C_{I_a} = \sum_{ins} C_{ins} * Q_{ains} \quad \forall a \quad ($$

3.4.3. Costo mensual por actividad

El costo mensual de cada actividad se obtiene planteando la Ecuación (9): sumando los costos fijos y variables de la misma.

$$C_a = CV_a + CF_a \quad \forall a \quad (9)$$

3.5. Criterios de distribución de recursos comunes en actividades

Aquellos recursos compartidos por varias actividades se han asignado según diversos criterios, según el recurso que se trate, a saber:

- Inmueble: según los metros cuadrados ocupados por cada actividad.
- Energía eléctrica por iluminación: también los metros cuadrados a iluminar en cada actividad.
- Energía eléctrica por uso de maquinarias: se considera la potencia de cada máquina y el tiempo promedio mensual de uso de la actividad.
- La mayoría de las herramientas comunes se distribuyen en función del tiempo promedio mensual que llevan las actividades que las usan.

- La mano de obra también se asigna según el porcentaje de tiempo de su jornada que le dedica cada empleado a cada actividad.
- Algunos recursos de bajo costo mensual (bancos o estantes) se distribuyen por igual en todas las actividades que hacen uso de dichos recursos, a fin de facilitar los cálculos.

4. RESULTADOS

En la Figura 3 se indican los porcentajes del sector analizado según su comportamiento con el cambio de nivel de actividad: fijos (mano de obra y amortizaciones de bienes de uso), variables (insumos) o semifijos (servicios). Se observa la preponderancia de los costos fijos mensuales con un 80% del total.

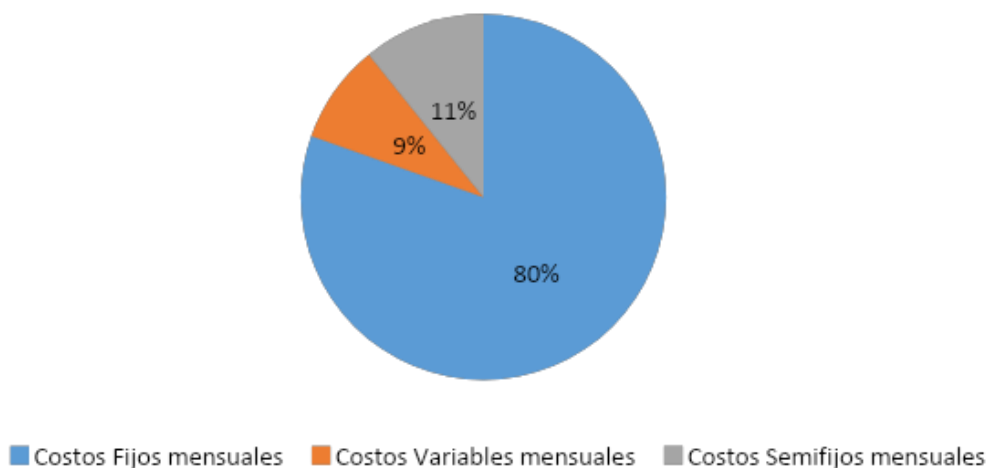


Figura 3 Estructura de costos del sector tapa de cilindro

El estudio de costos mensuales evaluados por rubro, como se observa en la Figura 4, indica que el mayor porcentaje (63%) se vincula con la mano de obra, le sigue el de servicios (11%) y luego insumos (9%).

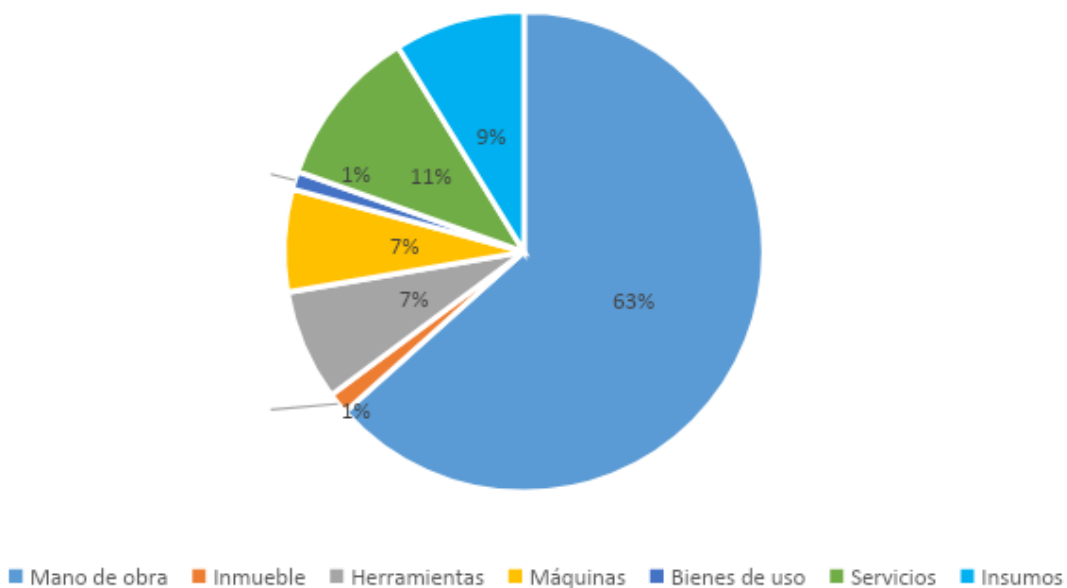


Figura 4 Estructura de costos del sector tapa de cilindro por rubro

La Tabla 2 es un extracto de la tabla vinculada al gráfico de Pareto de la Figura 5. Según la Tabla 2, el 50% de las actividades evaluadas representan aproximadamente el 80% de los costos incurridos mensualmente en el sector de tapas de cilindro.

Tabla 2 Extracto de datos para Gráfico de Pareto

N° Ac t.	Actividad	Costo mensual (\$/mes)	Porcentaj e Costo	%Costo Acumulad o	Porcentaj e Act	% Acumulad o
1	Rectificar asientos de válvula	14635,20	11,18%	11,18%	3,57%	3,57%
2	Devastar y rellenar tapa	14422,95	11,02%	22,20%	3,57%	7,14%
3	Bruñir guías de válvula	10808,09	8,26%	30,46%	3,57%	10,71%
4	Dar altura de precámaras	9653,10	7,38%	37,83%	3,57%	14,29%
5	Regular tapa con botador fijo	8523,61	6,51%	44,35%	3,57%	17,86%
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	6830,57	5,22%	49,56%	3,57%	21,43%
7	Empaquetar tapa de cilindros	6758,10	5,16%	54,73%	3,57%	25,00%
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	6406,33	4,89%	59,62%	3,57%	28,57%
9	Encasquillar asientos de válvula	5429,61	4,15%	63,77%	3,57%	32,14%
10	Cepillar tapa de cilindros	5294,07	4,04%	67,81%	3,57%	35,71%
11	Entubar guías de válvula	5164,03	3,95%	71,76%	3,57%	39,29%
12	Regular tapa con pastillas	5057,79	3,86%	75,62%	3,57%	42,86%
13	Regular tapa con registro de balancines	5057,79	3,86%	79,49%	3,57%	46,43%
14	Rectificar válvula	3889,74	2,97%	82,46%	3,57%	50,00%

De la Figura 5 se observa que las actividades más costosas son: 1º) Rectificar asientos de válvula, 2º) Devastar y rellenar tapa, 3º) Bruñir guía de válvula y 4º) Dar altura de precámaras.

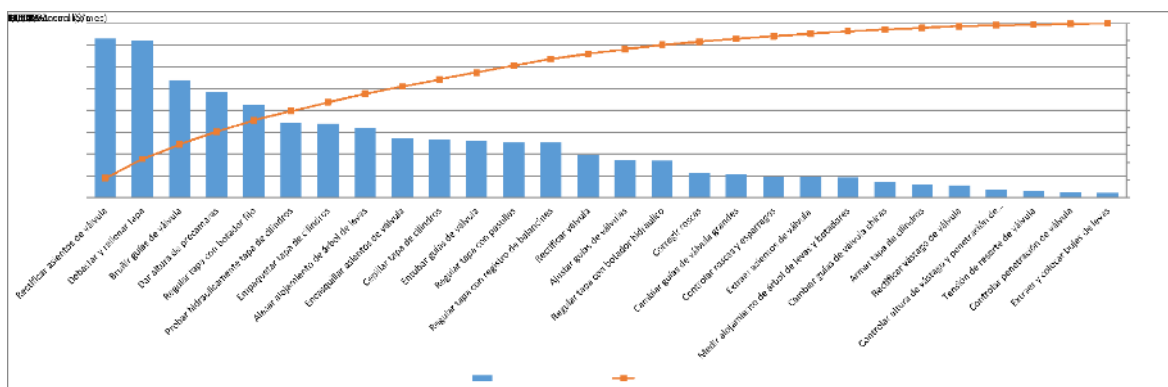


Figura 5 Gráfico de Pareto

A continuación, en las Figuras 6 y 7 se detallan los rubros involucrados en las actividades más costosas.

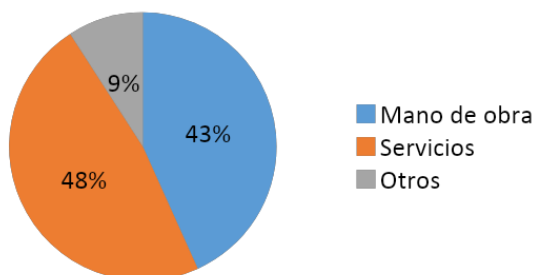


Figura 6 Composición de costos de la actividad "Devastar y rellenar tapa"

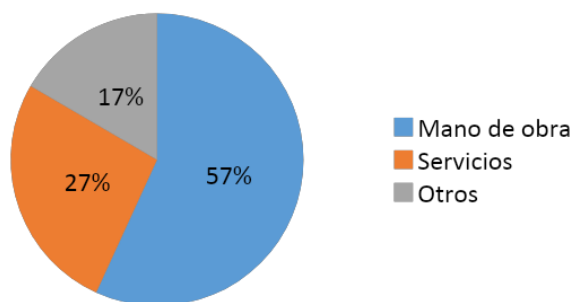


Figura 7 Composición de costos de la actividad "Rectificar asientos de válvula"

En ambos casos los recursos de mayor impacto en la composición de los costos de las actividades más costosas son la mano de obra y servicios. La categoría "otros" involucra recursos referidos al inmueble, maquinarias, insumos, herramientas y bienes de uso.

5. CONCLUSIONES

Se destacan los costos fijos indirectos en este tipo de procesos, lo cual evidencia la necesidad de un modelo de costeo completo, y por tratarse de un servicio, implementar la metodología de costeo basada en actividades (Activity Based Costing), que permita una asignación más racional de los mismos a los distintos productos (tapas de cilindros) objetos del servicio.

Si bien la mano de obra es uno de los recursos de mayor impacto con un 63% del total (concepto propuesto por FACRA para sus estimaciones), no es el único a considerar y es importante realizar un análisis en detalle que cada rubro de costos a fin de proponer mejoras en los procesos y reducir los costos de las actividades vinculados a éstos.

En función del análisis de Pareto se puede concluir que, enfocando los esfuerzos sólo en la mitad de las actividades del sector se pueden reducir los costos más importantes que representan el 80% del total.

Como trabajos futuros se propone implementar la metodología de costos basados en actividades para el cálculo de costos unitarios por tipo de tapa de cilindro, considerando las actividades administrativas, las del lavadero y las de apoyo (consumidas por todas las partes del motor). Además, se pretende extender este análisis de costos a las demás actividades en la rectificación de motores, considerando todos los sectores que ésta involucra.

6. REFERENCIAS

- [1] Barboza, H. D. (2009). Sistema de gestión de bases de datos para determinar los costos y el grado de reparación requerido en la rectificación de los motores de combustión interna. Caracas, Venezuela.
- [2] The Association of Accountants and Financial Professionals in Business (IMA). (2014). Conceptual Framework for Managerial Costing. (IMA, Ed.). Montvale, N.J. <https://www.ima.net.org/-/media/df27d1327c4b4f9dbc0b5a43537bcc7f.ashx>
- [3] Xu Y., X.; Feng, W. (2014). "Develop a cost model to evaluate the economic benefit of remanufacturing based on specific technique". *Journal of Remanufacturing*. 4, 4. <http://www.journalofremanufacturing.com/content/4/1/4>
- [4] Lind, S., Olsson; D., Sundin, E. (2014). "Exploring inter-organizational relationships in automotive component remanufacturing". *Journal of Remanufacturing*. 4, 5. <https://doi.org/10.1186/2210-4690-4-5>.
- [5] Sutherland, J.W.; Jenkins, T. L.; Haapala K. R. (2010). "Development of a cost model and its application in determining optimal size of a diesel engine remanufacturing facility". *CIRP Annals-Manufacturing Technology*. 59, 49-52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000785061000051X>
- [6] Federación Argentina de Cámaras de Rectificadores de Automotores. <http://www.facra.org.ar/>
- [7] García, Laura. (2002). "El significado del costo". *XXV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Buenos Aires, Argentina.
- [8] García, Laura; Podmoguilnye, Marcelo. (2004). "La necesidad cualitativa de los factores y la consideración del Modelo de Costeo Directo". *Anales del XXVII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Tandil, Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos.

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Ing. Renzo Píccoli por la información brindada, a los alumnos becarios de servicios del grupo Gemprom UTN FRSF: Melody Miguez, Luciano Alcántara, Candela Martínez por ser parte de los relevamientos, procesamiento de la información y análisis de actividades.

Análisis comparativo de inductores que determinan el consumo de actividades requeridas en el servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna

*Tucci, Víctor; Rodríguez, Ma. Elvira; Scardanzan, Luciano; Defagot, Costanza

Facultad Regional Santa Fe - Universidad Tecnológica Nacional.

Lavisse 610 (3000) – Santa Fe.

vtucci@frsf.utn.edu.ar; mrodriguez@frsf.utn.edu.ar; lscardanzan@frsf.utn.edu.ar;

cotidefagot.cd@gmail.com

RESUMEN

La metodología de Costos Basados en Actividades (ABC) representa un importante cambio en la asignación de los costos de los productos/servicios. Su originalidad radica en relacionar la base de asignación de los costos indirectos, con las actividades desarrolladas en la fabricación del producto o prestación del servicio. Introduce el concepto de inductor de costos que permite determinar cómo las actividades son consumidas por estos.

El presente trabajo describe un análisis comparativo de distintos inductores de costos, que se pueden utilizar para determinar el consumo requerido de una actividad específica por el proceso de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna. Se toman en consideración para el estudio las actividades que representan en promedio el 80 % del costo mensual para la rectificación de estas tapas, valor que se obtuvo de un trabajo previo aplicado a un caso local de características similares a este caso de estudio.

En función de los resultados se define el inductor a utilizar en cada actividad sujeta de análisis. El aporte de este trabajo formará parte del desarrollo futuro de una herramienta para la toma de decisiones en la gestión de costos para las empresas de rectificación de motores.

Palabras Claves: Actividades, Costos, Inductores, Rectificación, Tapa de cilindros.

ABSTRACT

The Activity-Based Costing (ABC) methodology represents a major change in the allocation of product / service costs. Its originality lies in relating the allocation base of indirect costs with the activities carried out in the manufacture of the product or the provision of the service. Introduces the concept of cost inducer that allows determining how activities are consumed by them.

The present work describes a comparative analysis of different cost inductors, which can be used to determine the consumption required of a specific activity by the cylinder cap rectification process of internal combustion engines. The activities that represent on average 80% of the monthly cost for the rectification of these covers are taken into consideration for the study, a value that was obtained from a previous work applied to a local case with characteristics similar to this case study.

Based on the results, the inductor to be used in each activity subject to analysis is defined. The contribution of this work will be part of the future development of a tool for decision-making in cost management for engine rectification companies

Keywords: Activities, Costs, Cost Driver, Rectification, Cylinder Cap.

1. INTRODUCCIÓN

La rectificación de motores, o remanufactura, puede definirse como el proceso de devolver un producto usado a al menos su rendimiento original con una garantía equivalente o mejor que la del producto recién fabricado [1].

La misma posee etapas dentro de su proceso que se mantienen relativamente fijas respecto de la manufactura tradicional. Dentro de este proceso, que comienza con productos de desecho o que han finalizado su ciclo de vida, se pueden identificar los siguientes pasos generales: limpieza, testeo o verificación, rectificación o restauración, montaje e inspección final [2].

Numerosos autores han expresado la variabilidad que poseen los procesos de remanufactura en general y la complejidad que se presenta al momento de modelar los procesos y planificar la interacción de estos. Un campo que toma especial relevancia es la planificación del proceso de remanufactura (RPP) que exige un enfoque personalizado que aborde la individualidad de los productos usados y devueltos y que considere los principales factores que entran en juego en la actividad, siendo el análisis de costos operativos uno de ellos [3].

Una vasta variedad de bibliografía científica se focaliza en desarrollar modelos que permitan analizar los procesos de remanufactura, mediante un enfoque global que incluye las actividades previas y posteriores a las tareas específicas de, en este caso de la rectificación de motores, el estudio de las piezas, el mecanizado de piezas y reemplazo de componentes y el montaje final. De esta manera, existe un amplio ámbito para la mejora de los procesos mediante el análisis de las actividades que se realizan y sus costos asociados [4,5].

Frente a los desafíos planteados, se han desarrollado propuestas de aplicación del Costeo basado en Actividades (ABC), pero surge un nuevo desafío que consiste en la determinación de los inductores que mejor reflejen la forma en la que el consumo de recursos es realizado por las actividades.

Existen antecedentes de estudios de inductores de costos en industrias metalmeccánicas, que han demostrado que las empresas no utilizan herramientas de análisis para la determinación y categorización de los inductores de costos y que en su mayoría las características presentes son: la cantidad de inductores es menor de 5, predominio de la variable no financiera de horas de mano de obra directa y la no consideración de la relación causal para establecer el inductor [6].

Otros autores, se enfocan en considerar la aplicabilidad del método Time-driven activity-based costing (TDABC) como alternativa al modelo clásico, tomando como un único inductor para los costos el tiempo, y obteniendo como conclusión que se recoge mejor la heterogeneidad de los procesos y se evita la subjetividad en la selección de los inductores [7].

El presente trabajo tiene por objetivo central profundizar el análisis sobre la importancia que presenta la selección de los inductores de costos en un sistema ABC, comparando y evaluando diferentes alternativas para el caso de empresa rectificadora de motores.

2. MARCO TEÓRICO

El costo es el valor de los recursos considerados necesarios en una operación de producción para el logro de un determinado objetivo [8].

La elección de un modelo de costos debe reflejar cuáles y cuántos son los factores de sacrificio necesarios para obtener los objetivos productivos. Constituye un conjunto de relaciones básicas que orienta los procedimientos utilizados para la determinación y gestión de los costos [9]. El objetivo que persigue todo modelo de costos es, a partir del cálculo de costos, facilitar la detección e implementación de propuestas de mejoras en los procesos productivos y proveer información para el planeamiento y control de las actividades de la organización en cuestión.

Los métodos tradicionales de costos (también llamados sistemas basados en volumen) clasifican los costos en directos o indirectos. Los primeros los asignan directamente a los productos en función del consumo que cada producto realiza. Con respecto a los costos indirectos, su imputación se realiza en dos etapas:

- En la primera etapa, se distribuyen los recursos consumidos entre las secciones o centros de costo. Asimismo, en esta primera etapa, los costos acumulados en las secciones auxiliares se distribuyen entre las secciones principales en función del uso que estas últimas hayan hecho de las primeras.
- En la segunda etapa, se asignan los costos acumulados en las secciones principales a los productos. Esta operación se lleva a cabo mediante las denominadas unidades de obra, que relacionan las secciones o centros de costo con el uso que los productos hacen de ellas.

Con este sistema se comete un doble error:

Enmascarar en un centro de costos el consumo de factores de actividades no relacionadas con el

centro. Evaluar todo el consumo de factores de un centro de costo por la medición de una sola de las actividades desarrolladas.

Habitualmente las unidades de obra elegidas (horas-hombre, horas-máquina) guardan una alta relación con el volumen de producción de cada producto. Con esta forma de reparto los costos indirectos se asignan en base al volumen de producción de cada producto y no necesariamente tiene que ser así, ya que productos de baja producción pueden requerir muchas actividades que son las que originan dichos costos.

Debido a su origen, este sistema es válido para empresas con sistemas productivos de un solo producto o con gamas muy reducidas de unidades estandarizadas y donde la mano de obra sea un componente fundamental de la estructura de costos.

Los cambios en las prácticas industriales y las lógicas de producción trajeron aparejados nuevos requerimientos que el Costeo Basado en Actividades buscó resolver. Dentro de estos podemos nombrar:

- Deben detectarse las actividades que no agregan valor al cliente; para ello se requieren datos acerca de este tipo de trabajos, e información para posibilitar su supresión.
- Es preciso identificar y suprimir el trabajo superfluo: exceso de producción, esperas, transporte en los procesos, stocks y movimientos innecesarios, demoras, excesos, irregularidades, etc.
- Los tiempos de preparación más reducidos, lotes más pequeños, enlaces más estrechos entre procesos, reducción de los niveles de inventarios, y menores plazos de espera, aumentan la calidad y flexibilidad, y eliminan trabajo innecesario.

El sistema de costeo ABC primero identifica las actividades que tienen lugar en la empresa. A continuación, localiza las actividades en las secciones o centros de costo. Luego se asignan los costos directos directamente a los productos. El siguiente paso es localizar las cargas indirectas en cada sección y asignarlas a las actividades.

En algunos casos, se identifica fácilmente qué actividad ha generado dicho costo y su imputación es directa, pero en otros casos los costos indirectos tienen que repartirse entre las actividades por medio de algún criterio. Es entonces cuando surge la necesidad de asignar un Inductor de costos (en inglés, cost driver), que es la unidad de una actividad que causa cambios en el costo de la misma. Cada inductor realiza la función de unidad de medida de la actividad, por lo que debe estar directamente relacionado con los recursos consumidos. El costo total de cada actividad se divide para hallar el costo unitario del inductor.

A partir de ahí, el costo de cada producto u objeto de costo se obtiene en función del consumo de unidades de inductor [10], más los costos directos correspondientes, tal como se muestra en la Figura 1.

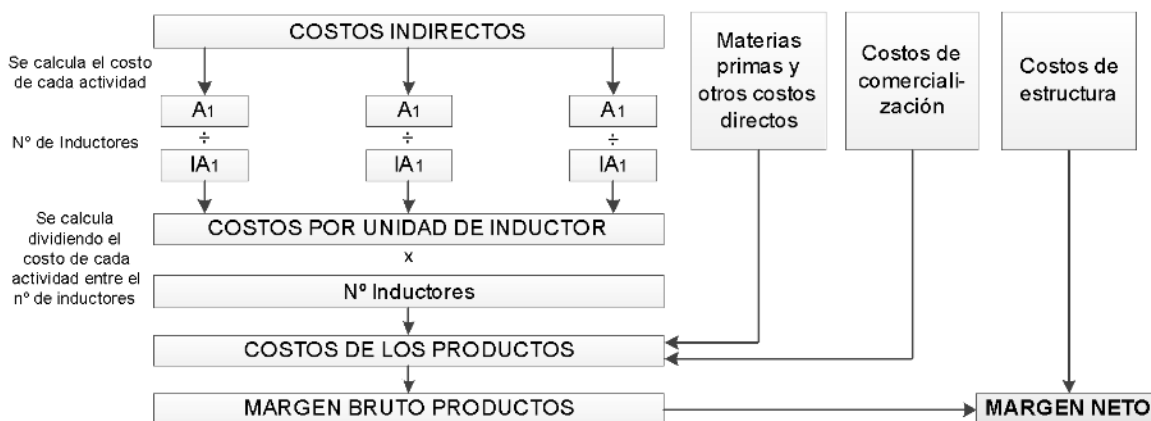


Figura 1. Esquema de asignación de costos en un sistema ABC.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este trabajo se basa en el desarrollo de un sistema de costeo ABC normalizado, cuya implementación se rige en líneas generales por los siguientes pasos:

1. Definir las actividades que forman parte de la producción o prestación del servicio.
2. Calcular los costos fijos y variables mensuales por actividad. Tener en cuenta los recursos que consume cada tarea y en qué cantidad.
3. Determinar el inductor de cada actividad. ¿Cuál es la unidad de medida que mejor identifica la causa del costo de la actividad?
4. Calcular el valor global del inductor elegido, que representa el nivel total de actividad que se puede desarrollar para el período considerado.

5. Calcular el costo fijo unitario de cada actividad. Se calcula con el cociente: Costo fijo mensual de actividad/Nivel de actividad (inductor).
6. Calcular el costo variable unitario de cada actividad. Considerar el costo del recurso variable y el consumo por unidad de inductor.
7. Determinar el costo unitario de cada actividad.
8. Determinar el costo de cada actividad aplicada al producto, multiplicando el costo unitario de la actividad por el consumo de inductor del producto.
9. Determinar el costo unitario de cada producto en función del consumo total de actividades, para su producción o prestación del servicio.

De los pasos mencionados, partiendo del primero y el segundo ya desarrollados en un trabajo previo [11], se lleva a cabo en esta investigación el análisis del tercero, determinando el mejor inductor para cada actividad considerada. A tal efecto, se cumplimenta lo siguiente:

1. Para cada actividad se selecciona un inductor transaccional (eligiendo el que mejor se adapta a cada una) y uno de tiempo.
2. Se seleccionan dos tapas de cilindros de distintas características (de las que se presume consumos de actividades distintas).
3. Se calculan los costos de las actividades para cada tapa, con los dos inductores seleccionados para cada actividad.
4. Se realiza la comparación del costo de cada actividad aplicando ambos inductores, para determinar cuál se considera más conveniente para utilizar en el modelo de costeo.

Respecto al alcance del estudio, se aclara que se encuentra acotado al sector de la planta "Tapas de Cilindro" y a las actividades de producción.

4. DESARROLLO

4.1. Descripción general del caso de estudio

Se estudia una empresa rectificadora de motores de la Región Centro, situada en la ciudad de Santo Tomé, provincia de Santa Fe, de la cual se toman los valores de referencia durante el año 2017 - 2018. Particularmente para este trabajo, el proceso productivo que abarca la rectificación de tapas de cilindro ya que, según lo analizado en trabajos previos, de las 107 actividades que se realizan en la empresa, un 28% de ellas son realizadas en dicho sector [11].

4.2. Descripción del sector de tapas de cilindro

El flujo de actividades del sector de rectificación de tapas de cilindros se puede apreciar en la Figura 2.

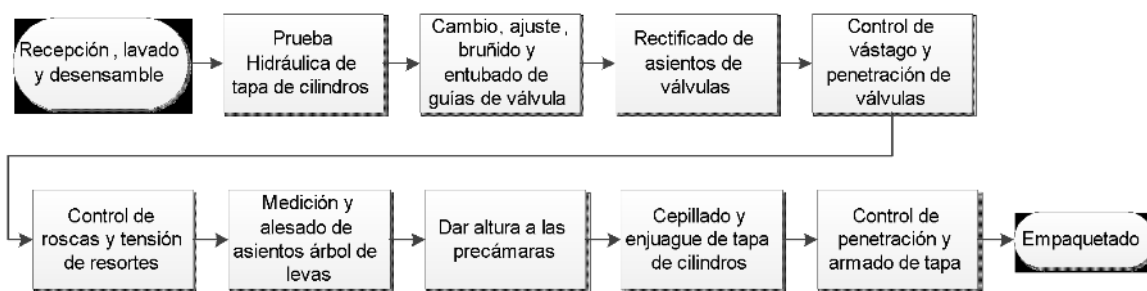


Figura 2. Proceso general de rectificación de tapas de cilindros.

El total de actividades relevadas en el sector son 28, las cuales no se realizan para todas las tapas, sino que depende del tipo, del material (fundición o aluminio) y si posee o no guía de válvulas, asiento y/o árbol de levas. El 50 % de éstas (14) consume el 82,46 % del costo mensual de todas las actividades (incluye costos fijos y variables) [11].

Las mismas comprenden las siguientes:

1. Rectificar asientos de válvula
2. Devastar y rellenar tapa
3. Bruñir guías de válvula
4. Dar altura de precámaras
5. Regular tapa con botador fijo
6. Probar hidráulicamente tapa de cilindros
7. Empaquetar tapa de cilindros
8. Alesar alojamiento de árbol de levas
9. Encasquillar asientos de válvula
10. Cepillar tapa de cilindros
11. Entubar guías de válvula

12. Regular tapa con pastillas
13. Regular tapa con registro de balancines
14. Rectificar válvula

Dado el impacto en los costos que estas actividades representan, es que el foco de este trabajo es el análisis comparativo de inductores de costos para las mismas. Para lograrlo, se toman como punto de partida los costos mensuales de cada actividad, y se analizan en profundidad las tareas para determinar cantidades y tiempos de proceso. Además, se desarrollan las ecuaciones de cálculo que permiten la obtención de los costos unitarios de cada actividad.

4.3. Fórmulas de costeo de actividades

Costos unitarios por actividad

Se trata de la totalidad de costos, tanto operativos como de estructura, necesarios para llevar a cabo las actividades de producción. Se componen de costos fijos (cfa) y costos variables (cva), siendo "a" cada actividad considerada en el proceso.

$$cu_a = cf_a + cv_a \quad \forall a \quad (1)$$

Costos Fijos por actividad

Son aquellos que no varían dependiendo del nivel de actividad que tenga la planta, es decir que su cuantía permanece constante en el período que se considere. Se compone por el costo de amortizaciones de las maquinarias (C_{AM_a}) e inmueble (C_{AI_a}), por la parte fija de los servicios contratados (C_{PFS_a}) y por el costo que representan los salarios de los empleados (C_{MO_a}). "N_a" se refiere al inductor considerado para cada actividad.

$$cf_a = \frac{C_{AM_a} + C_{AI_a} + C_{PFS_a} + C_{MO_a}}{N_a} \quad \forall a \quad (2)$$

Costos variables por actividad

Representan los costos que varían según el nivel de actividad de la producción. Involucran costos de procesamiento tales como la parte de los servicios que dependen del consumo (C_{PVS_a}) e insumos (C_{I_a}). "N_a" se refiere al inductor considerado para cada actividad.

$$cv_a = \frac{C_{PVS_a} + C_{I_a}}{N_a} \quad \forall a \quad (3)$$

A los fines de este trabajo, se determinarán dos "N_a" para cada actividad, a fin de generar dos modelos que permitan determinar cuál de ellos facilita el relevamiento y aplicación del inductor, sin generar variaciones significativas en la imputación de los costos.

4.4. Criterios para la determinación de modelos de tapas representativas

En el período bajo estudio, que comprende los años 2017 y 2018, se realizaron operaciones de rectificado de tapas en 503 motores, pero comprendiendo 211 modelos y configuraciones distintas. Lo dicho representa un gran desafío a la hora de definir criterios estándar para la asignación de costos de las actividades.

No obstante, para el sector de Tapas en particular, se observan algunas características que permiten agrupar los modelos, a saber:

- Material de fabricación: fundición o aluminio.
- Cilindrada.
- Cantidad de cilindros.
- Cantidad de válvulas.
- Con o sin árbol de levas en la tapa.
- Con o sin guías de válvulas.
- Material de la guía de válvulas: fundición o bronce.

A la luz de lo expuesto, se seleccionan para el estudio las tapas de los dos motores siguientes:

1. Tapa A: Fiat 1700 Diesel (aluminio, 1,7 litros, 4 cilindros, 8 válvulas, con árbol de levas en la tapa, con guía de válvulas de fundición)
2. Tapa B: Cummins 6 BT (fundición, 5,9 litros, 6 cilindros, 12 válvulas, sin árbol de levas en la tapa, sin guía de válvulas)

5. RESULTADOS

En la Tabla 1 se pueden apreciar los inductores seleccionados para el cálculo de los costos de cada actividad. Como primer inductor se define uno de transacción particular para cada actividad, y como segundo inductor se elige el tiempo que dura el desarrollo de la actividad.

Tabla 1. *Inductores seleccionados por actividad*

N° act	Actividad	Inductor de Transacción	Inductor de Tiempo
1	Rectificar asientos de válvula	N° Válvulas	Minutos
2	Devastar y rellenar tapa	N° Tapas	Minutos
3	Bruñir guías de válvula	N° Válvulas	Minutos
4	Dar altura de precámaras	N° Tapas	Minutos
5	Regular tapa con botador fijo	N° Válvulas	Minutos
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	N° Tapas	Minutos
7	Empaquetar tapa de cilindros	N° Tapas	Minutos
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	N° Cilindros	Minutos
9	Encasquillar asientos de válvula	N° Válvulas	Minutos
10	Cepillar tapa de cilindros	N° Tapas	Minutos
11	Entubar guías de válvula	N° Válvulas	Minutos
12	Regular tapa con pastillas	N° Tapas	Minutos
13	Regular tapa con registro de balancines	N° Tapas	Minutos
14	Rectificar válvula	N° Válvulas	Minutos

Seguidamente, se analiza y determina qué actividades se aplican a cada una de las tapas A y B (según las características que le son propias) sobre las cuales se desarrolla el estudio, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. *Actividades aplicables según tipo de motor.*

N° act	Actividad	Tapa A	Tapa B
1	Rectificar asientos de válvula	SI	SI
2	Devastar y rellenar tapa	SI	NO
3	Bruñir guías de válvula	SI	NO
4	Dar altura de precámaras	NO	NO
5	Regular tapa con botador fijo	NO	NO
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	SI	SI
7	Empaquetar tapa de cilindros	SI	SI
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	SI	NO
9	Encasquillar asientos de válvula	NO	NO
10	Cepillar tapa de cilindros	SI	SI
11	Entubar guías de válvula	NO	SI
12	Regular tapa con pastillas	SI	NO
13	Regular tapa con registro de balancines	NO	NO
14	Rectificar válvula	SI	SI

Partiendo del costo mensual de cada actividad obtenido del trabajo previo [11], se calcula el costo unitario de cada actividad, como el cociente entre ese costo y la cantidad de inductor mensual, al cual se lo multiplica por el consumo de inductor aplicado a cada una de las dos tapas seleccionadas (ambos relevados en este estudio). En la Tabla 3, se puede ver a modo de ejemplo los costos mensuales de las actividades y los consumos mensuales de inductores correspondientes, aplicables a la Tapa A.

Tabla 3. Costo mensual de actividades y cantidad mensual de inductores para tapa A

N° act	Actividad	Costo mensual actividad	Cantidad mensual inductor de transacción en unidades	Cantidad mensual de inductor de tiempo en minutos
1	Rectificar asientos de válvula	\$ 14.635,20	456	3780
2	Devastar y rellenar tapa	\$ 14.422,95	29	1958
3	Bruñir guías de válvula	\$ 10.808,09	442	2135
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	\$ 6.830,57	6	578
7	Empaquetar tapa de cilindros	\$ 6.758,10	42	210
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	\$ 6.406,33	12	188
10	Cepillar tapa de cilindros	\$ 5.294,07	39	1163
12	Regular tapa con pastillas	\$ 5.057,79	7	608
14	Rectificar válvula	\$ 3.889,74	456	1050

En la Tabla 4, se puede observar el costo de cada una de las actividades aplicadas a la tapa A utilizando los dos inductores definidos, como así también la variación del costo comparando el inductor de tiempo con respecto al de transacción.

Tabla 4. Costo actividades tapa A

N° act	Actividad	Costo Actividad Tapa A con		Variación % del inductor 2 con respecto al 1
		Inductor 1 de Transacción	Inductor 2 de Tiempo	
1	Rectificar asientos de válvula	\$ 257,04	\$ 232,30	-9,6%
2	Devastar y rellenar tapa	\$ 497,34	\$ 442,08	-11,1%
3	Bruñir guías de válvula	\$ 195,84	\$ 151,87	-22,5%
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	\$ 1.241,92	\$ 1.182,78	-4,8%
7	Empaquetar tapa de cilindros	\$ 160,91	\$ 160,91	0,0%
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	\$ 2.135,44	\$ 2.050,03	-4,0%
10	Cepillar tapa de cilindros	\$ 136,62	\$ 142,09	4,0%
12	Regular tapa con pastillas	\$ 749,30	\$ 749,30	0,0%
14	Rectificar válvula	\$ 68,32	\$ 18,52	-72,9%

En la Tabla 5, se puede observar el costo de cada una de las actividades aplicadas a la tapa B utilizando los dos inductores definidos, como así también la variación del costo comparando el inductor de tiempo con respecto al de transacción.

Tabla 5. Costo actividades tapa B

N° act	Actividad	Costo Actividad Tapa B con		Variación % del inductor 2 con respecto al 1
		Inductor 1 de Transacción	Inductor 2 de Tiempo	
1	Rectificar asientos de válvula	\$ 385,56	\$ 464,61	20,5%
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	\$ 1.241,92	\$ 1.301,06	4,8%
7	Empaquetar tapa de cilindros	\$ 160,91	\$ 160,91	0,0%
10	Cepillar tapa de cilindros	\$ 136,62	\$ 203,11	48,7%
11	Entubar guías de válvula	\$ 1.549,21	\$ 688,54	-55,6%

14	Rectificar válvula	\$ 102,47	\$ 166,70	62,7%
----	--------------------	-----------	-----------	-------

Para seleccionar el inductor a utilizar para el cálculo del costo de las actividades, de cada una de las tapas que se muestran en las dos tablas anteriores, se toman como criterios generales los siguientes:

- Si la variación porcentual se considera pequeña (no mayor a un 10 %) en la determinación del costo de la actividad, se selecciona el de transacción por ser más sencillo de obtener y aplicar.
- Si la variación porcentual se considera grande en la determinación del costo de la actividad (mayor a un 10 %), se selecciona el de tiempo porque permite una mejor aproximación a la realidad, si bien la necesidad de mediciones de tiempo lo vuelve más complejo por la cantidad de productos (tapas) diferentes que se procesan en la empresa.
- Si la variación porcentual se considera moderada (entre un 10 y un 15 %) en la determinación del costo de la actividad, pero el valor absoluto de ésta se estima pequeño frente al del resto de las actividades (menor al 40 % de las actividades más costosas), se selecciona el de transacción por la sencillez de obtención y aplicación frente al de tiempo. Caso contrario el de tiempo.

En la Tabla 6, se puede apreciar los inductores seleccionados aplicando los criterios antes mencionados.

Tabla 6. Selección de inductores para las actividades aplicadas a cada tapa.

N° act	Actividad	Tapa A	Tapa B
1	Rectificar asientos de válvula	Nº Válvulas	Tiempo
2	Devastar y rellenar tapa	Nº Tapas	
3	Bruñir guías de válvula	Tiempo	
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	Nº Tapas	Nº Tapas
7	Empaquetar tapa de cilindros	Nº Tapas	Nº Tapas
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	Nº Cilindros	
10	Cepillar tapa de cilindros	Nº Tapas	Tiempo
11	Entubar guías de válvula		Tiempo
12	Regular tapa con pastillas	Nº Tapas	
14	Rectificar válvula	Tiempo	Tiempo

Finalmente, analizando la tabla anterior, y adoptando el criterio de seleccionar primeramente los inductores coincidentes en una misma actividad para ambas tapas, y luego los criterios ya definidos precedentemente, se escoge como inductor más conveniente a adoptar para cada actividad a los que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Inductores seleccionados para cada actividad.

N° act	Actividad	Inductor
1	Rectificar asientos de válvula	Nº Válvulas
2	Devastar y rellenar tapa	Nº Tapas
3	Bruñir guías de válvula	Tiempo
6	Probar hidráulicamente tapa de cilindros	Nº Tapas
7	Empaquetar tapa de cilindros	Nº Tapas
8	Alesar alojamiento de árbol de levas	Nº Cilindros
10	Cepillar tapa de cilindros	Tiempo
11	Entubar guías de válvula	Tiempo
12	Regular tapa con pastillas	Nº Tapas
14	Rectificar válvula	Tiempo

6. CONCLUSIONES

Se destaca la importancia de la selección de los inductores para apropiar el consumo de actividades (y por ende de recursos) a los productos (servicio de rectificación de motores), del modelo de costeo ABC que se viene desarrollando y al cual se pretende contribuir con este estudio.

Lo hasta aquí logrado es una primera aproximación a la elección de los inductores más convenientes a un conjunto de actividades que se corresponden con dos tipos diferentes de tapas de cilindro analizadas. De las 14 actividades más costosas, se pudieron estudiar 10 de ellas (las aplicables a las dos tapas seleccionadas), resultando la elección de 6 inductores de transacción (60%) y 4 inductores de tiempo (40%). Esto contribuye a la formación de criterio para replicar el estudio a motores de otras características, además de afianzar una metodología para la determinación y selección de inductores apropiados para el resto de las actividades que todavía restan analizar. Habilita el camino para seguir avanzando en el desarrollo del modelo de costos, uno de los objetivos fundamentales del proyecto de investigación en que nos encontramos trabajando, que busca suplir una necesidad manifiesta de obtención de información que permita cuantificar y valorar el servicio de rectificación de motores, y por ende contribuir la toma de decisiones acertadas referentes a eficiencia, mejora de procesos e inversiones. de muchas empresas del rubro en la región.

Como trabajo futuro se propone el cálculo del costo del servicio de rectificación de las distintas tapas de cilindro, luego de la determinación del resto de los inductores necesarios.

8. REFERENCIAS

- [1] British Standard Institution. (2014). Design for manufacture, assembly, disassembly and end-of-life processing (MADE). Terms and definitions. Reino Unido.
- [2] Shitong Peng, Tao Li, Mengyun Li, Yanchun Guo, Junli Shi, George Z. Tan, Hongchao Zhang. (2018). "An integrated decision model of restoring technologies selection for engine remanufacturing practice". *Journal of Cleaner Production*. Volumen 206, páginas 598-610. Países Bajos. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.176
- [3] Yan He, Chuanpeng Hao, Yulin Wang, Yufeng Li, Yan Wang, Lingyu Huang, Xiaocheng Tian. (2020). "An ontology-based method of knowledge modelling for remanufacturing process planning". *Journal of Cleaner Production*. Volumen 258, página 120952. Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120952>
- [4] Goodall, Paul; Rosamond, Emma; Harding, Jenifer. (2014). "A review of the state of the art in tools and techniques used to evaluate remanufacturing feasibility". *Journal of Cleaner Production*. Volumen 81, páginas 1-15. Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.014>
- [5] Sundina, Erik; Brasb, Bert. (2005). "Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing". *Journal of Cleaner Production*. Volumen 13, Fascículo 9, páginas 913-925. Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.04.006>
- [6] Bertila, Aponte; Rodríguez, Guillermo; Noguera, María. (2009). "Inductores de costos en las empresas del sector metalmecánica del estado Zulia, Venezuela". *Revista Venezolana de Gerencia v.14 n.46*. Maracaibo, Venezuela.
- [7] Patxi Ruiz de Arbulo Lopez y Jordi Fortuny-Santos. (2011). "Innovación en gestión de costes: del abc al tdabc". *Dirección y Organización*, Núm. 43, páginas 16 a 26. Vigo, España.
- [8] García, Laura. (2002). "El significado del costo. XXV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos". *XXV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Buenos Aires, Argentina.
- [9] García, Laura; Podmoguinye, Marcelo. (2004). "La necesidad cualitativa de los factores y la consideración del Modelo de Costeo Directo". *XXVII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Tandil, Argentina.
- [10] KAPLAN, R.S., y COOPER, R. Measure Costs Right; Make The Right Decisions. *Harvard Business Review*, Volumen 66, Fascículo 5, páginas 96-103. Cambridge, Estados Unidos.
- [11] Rodríguez, Ma. Elvira; Tucci, Víctor; Cerutti, Exequiel; Lupotti, Ignacio. (2020). "Costeo de actividades del sector de rectificación de tapas de cilindro de motores". *XIII COINI 2020*. San Rafael, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Ing. Renzo Píccoli por la información brindada, a los alumnos becarios del grupo Gempro UTN FRSF: Luciano Alcántara, Martín Leguizamón, Ma. Florencia Grimaldi y Santiago Yori por ser parte de los relevamientos, procesamiento de la información y análisis de actividades e inductores.

Evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina. Etapa 1

Gonzalez Viescas Patricio; Chirino Francisco; Díaz Franco; González Segura Rosario; Mora, Juan Manuel; Schjaer; Juan

Universidad de Mendoza. Av. Boulogne Sur Mer 683, M5500 Mendoza.
patricio.gonzalez@um.edu.ar

RESUMEN.

El presente proyecto de investigación realiza un análisis y evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina. Busca determinar la conciencia y el conocimiento que tiene la industria de la provincia de Mendoza respecto a la eficiencia energética. Cabe destacar, además, que el presente proyecto de investigación consta de dos etapas, lo que se presenta es solo la primera parte. Según un estudio de la Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética de la Argentina, el sector industrial es el mayor consumidor, responsable del 40% del consumo energético total. En Mendoza, desde 2016, empezó a aplicarse el incremento sostenido de tarifas energéticas. Se partió de la suposición de que los consumidores no trabajan en la reducción de los costos de energía eléctrica ya que hay un desconocimiento general sobre el uso eficiente de la misma, y que además en los casos donde son conscientes de que se está haciendo un uso ineficiente de la energía eléctrica, desconocen la manera de mejorar la eficiencia. En la industria mendocina, la conciencia respecto a la eficiencia energética es baja, por lo que encontramos muchos puntos mejorables. Para el relevamiento de la información necesaria, se partió desde una base de datos del IDITS (Instituto de Desarrollo Industrial Tecnológico y de Servicios), en la cual expresaba la cantidad de empresas por rubro. En base a esta información, se calculó la muestra representativa a relevar, utilizando un análisis estadístico mediante una muestra estratificada proporcional al tamaño de la población. Desarrollamos una encuesta para obtener los datos necesarios. Luego de la obtención de todos los resultados, se formularon las conclusiones. En la fase final del proyecto de investigación, se presentan algunas propuestas de mejora en base a las conclusiones obtenidas.

Palabras claves: costos, energía, eficiencia, industria

ABSTRACT.

This research project analyzes and evaluates the relationship between energy costs and the efficiency of energy systems in Mendoza's industry. It seeks to determine the awareness and knowledge that the industry of the province of Mendoza has regarding energy efficiency. It should also be noted that this research project consists of two stages, what is presented is only the first part. According to a study by the Argentine secretary of Energy Savings and Efficiency, the industrial sector is the largest consumer, responsible for 40% of total energy consumption. In Mendoza, since 2016, the sustained increase in energy rates began to be applied. It was based on the assumption that consumers do not work to reduce the costs of electrical energy since there is a general lack of knowledge about the efficient use of it, and also in cases where they are aware that it is being used. inefficient electric power, they do not know how to improve efficiency. In the Mendoza industry, awareness of energy efficiency is low, so we found many points for improvement. For the survey of the necessary information, it was started from a database of the IDITS (Institute of Industrial Technological Development and Services), in which the number of companies per item was expressed. Based on this information, the representative sample to be surveyed was calculated, using statistical analysis using a stratified sample proportional to the size of the population. We develop a survey to obtain the necessary data. After obtaining all the results, the conclusions were formulated. In the final phase of the research project, some improvement proposals are presented based on the conclusions obtained.

Keywords: costs, energy, efficiency, industry

1. INTRODUCCIÓN.

La preocupación mundial por las cuestiones ambientales y crisis energética han cobrado importancia desde la década del '70. Luego de la primer y segunda crisis petrolera donde obligó a las empresas de gran consumo a pensar en una forma gestión inteligente y en la diversificación de otras fuentes de energía. La fuerte demanda de energía no hace más que incrementarse, que, en conjunto con las intensas deforestaciones, accidentes nucleares, economías emergentes que disparan el consumo de energía y por supuesto el calentamiento global, han logrado que se introduzca el concepto de Eficiencia Energética (EE).

La mejora de la eficiencia energética ha sido y es, un tema de fundamental importancia para la industria, el comercio y los gobiernos. Pero desde hace unos años se está poniendo empeño en lograr un nivel de eficiencia que resulte realmente significativo en todo el mundo y a todo nivel.

Con el enfoque ya puesto en la reducción eficiente del consumo, la llegada de las Tecnologías de la comunicación y las tecnologías aplicadas a la gestión eficaz de la energía, se puede decir que se da inicio a la Gestión del consumo energético, de manera general en la industria. Así también como la idea de sustentabilidad energética logrando incorporar otras fuentes de energía frente a las más utilizadas como son el petróleo y el carbón. Además, que nos ayuden a bajar el consumo, independizando el sistema o combinándolo con el de la red y por supuesto disminuyendo la contribución al efecto invernadero.

En 2011 la República Argentina perdió la condición de autoabastecimiento energético, lo cual incrementó considerablemente la demanda de divisas para hacer frente a las importaciones de energía, con las consecuencias económicas y financieras que esto genera.

La situación en Mendoza, desde 2016, cuando empezó a aplicarse el incremento de tarifas energéticas por etapas en el marco de la revisión tarifaria integral, los mendocinos vieron considerablemente incrementado importe monetario en sus facturas de servicios públicos.

En dos años, el agua aumentó un 124%; la variación del cargo fijo por bimestre y del kilovatio en el caso de la energía eléctrica osciló entre 400% y 500%; y con el gas, las subas rondaron el 400 y el 500% para el monto fijo y el 120% y el 330% para el precio por m³ consumido, con marcadas diferencias según el tipo de usuario.

Después de 15 años de tarifas congeladas, se definió un cronograma de ajuste de los valores, que también establece que las empresas distribuidoras deben ejecutar un plan de inversión. Por otra parte, el gobierno nacional decidió, como una de las herramientas para reducir el déficit fiscal, eliminar los subsidios que hacían que los montos a pagar fueran considerablemente inferiores.

Desde el EPRE (Ente Provincial Regulador Eléctrico) detallaron que desde 2016 el incremento promedio en la boleta se ubicó entre el 400% y el 500%.

Cuando se analiza la evolución de los dos componentes principales de la facturación, en los cuadros tarifarios que publica el organismo, se observa que, de abril de 2016 a octubre de 2018, el cargo fijo por bimestre subió 400% y el valor del Kwh entre 555% y 576% de acuerdo al tipo de usuario.

Al discriminar por categoría de clientes residenciales, las variaciones en el cargo fijo fueron de 405% para el R1 (hasta 299 Kw por bimestre), de 403% para el R2 (de 300 a 599 kilovatios) y de 400% para el R3 (más de 600 kilovatios). En tanto, el precio del Kwh varió un 576% para el R1, 555% para el R2 y 556% para el R3.

El monto final a pagar se compone, para un usuario residencial promedio, en un 36% por el costo de la generación de la energía y su transporte, importe que se define desde Nación; en 35% por el valor agregado de distribución, que es el costo de operación de las distribuidoras locales, que se fija en la provincia; y el 29% restante corresponde a impuestos como IVA, alumbrado público, tasas municipales y fondo para tarifa social.

En cuanto al componente que se establece en la provincia, el Valor agregado de distribución (VAD, constituido por el costo marginal o económico de las redes puestas a disposición del usuario más los costos de operación y mantenimiento de las redes, a los que se suman los gastos de comercialización), tuvo dos ajustes el año pasado, producto de la normalización tarifaria, de 8% en

julio y de 12% en noviembre. Sobre el costo de abastecimiento, la energía estaba subsidiada en alrededor del 35% y se estableció un cronograma de eliminación progresiva de este subsidio hasta 2019.

Con el gas, la variación de los dos cargos que primero aparecen en la factura -el fijo por bimestre y el precio del metro cúbico- es mucho más marcada según el consumo. Así, el monto fijo aumentó, desde abril de 2016, 392% para el usuario R1, 400% para el R2 1, 408% para el R2 2, 418% para el R2 3, 445% para el R3 1, 463% para el R3 2, 480% para el R3 3 y 521% para el R3 4. Es decir, el incremento fue mayor para los que más consumen.

Sin embargo, cuando se analiza la evolución del precio del metro cúbico ocurre lo contrario, ya que la suba fue de 332% para el usuario R1, 332% para el R2 1, 332% para el R2 2, 332% para el R2 3, 186% para el R3 1, 186% para el R3 2, 186% para el R3 3 y 122% para el R3 4.

Esto, sostiene, apuntó a reducir la brecha del valor del gas para los distintos tipos de consumo, ya que en 2016 el precio que pagaba un R1 era casi la mitad del que se aplicaba a un R3 4 (esta dispersión no se observaba en el caso del kilovatio). Por otra parte, se elevaron los mínimos para pasar de una a otra categoría.

Hay que recordar que la composición del monto que pagan los usuarios residenciales de Ecogas es de aproximadamente un 39% del precio del gas, un 40% del costo de distribución y transporte, y un 21% de impuestos.

A pesar de todos estos factores desfavorables, se vienen implementando programas para incentivar la eficiencia en el uso de la energía.

2. MARCO TEÓRICO

La EE se refiere a la práctica que tiene como objetivo reducir la cantidad de energía final consumida para producir un producto o servicio. Así, el uso racional y eficiente de los recursos energéticos permite producir un producto o dar un servicio consumiendo menos energía y además generando niveles inferiores de contaminación. El interés de nuestra sociedad debe ser el consumir el mínimo de energía posible para conseguir la satisfacción de los servicios.

El uso eficiente de energía plantea varios desafíos en cuanto al seguimiento continuo y evaluación del desempeño.

Según un estudio de la Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética de la Argentina, el sector industrial es el responsable del 40% del consumo energético total siendo el principal consumidor a nivel mundial [1]. Existen numerosas oportunidades de eficiencia energética en este sector las cuales se pueden llevar a cabo mediante la utilización de prácticas y/o tecnologías más eficientes, que ayudarían a la industria a disminuir su consumo energético y a mejorar su productividad.

Cabe destacar que el 70% del consumo de energía eléctrica generada a nivel mundial se debe al funcionamiento de los motores eléctricos, por lo que las medidas disponibles que ayuden a aumentar la eficiencia de este equipo benefician en una proporción muy grande a la industria.

En la industria mendocina, la conciencia respecto a la eficiencia energética es muy baja, pudiéndose mejorar muchos aspectos. En 2013, según estudios realizados por el Consejo Mundial de Energía, Argentina se encontró en un ranking mundial de eficiencia energética en el puesto 26. Según el índice "Energy Trilemma Index" del Consejo mundial de la energía (WEC), el cual considera la habilidad de los países de proveer energía sustentable en 3 aspectos (seguridad energética, equidad energética; accesibilidad y asequibilidad) y sostenibilidad ambiental, Argentina se encuentra actualmente en el puesto 35.

La potencia eléctrica contratada es la potencia que suscribe el cliente con la empresa eléctrica en función de la potencia de los equipos que tiene instalados en su compañía. En la mayoría de las empresas de nuestra provincia, no se tiene en cuenta el gran costo fijo que genera una potencia erróneamente contratada, siendo que en muchos casos se utilizan menores cantidades de potencia que lo que se ha contratado, pudiéndose reducir este costo fijo enormemente.

3. DESARROLLO Y METODOLOGÍA

Metodología de investigación

El trabajo se llevó a cabo en el ámbito del Trabajo final de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial por 2 equipos de alumnos que llevarán a cabo las 2 etapas en al que se dividió el trabajo:

La etapa 1 consistió en el trabajo de relevamiento en empresas de los sectores industriales más representativos y la definición de las principales características relacionadas con la eficiencia eléctrica. Determinando las causas de la falta de acciones relacionadas con la mejora de la eficiencia y proponiendo los caminos de acción que se podrían llevar a cabo.

Finalizada esta 1° etapa el equipo de la 2° etapa se enfocó a la preparación de modelos de gestión que permitan a las empresas tomar las primeras decisiones en relación a gestionar y mejorar la eficiencia energética en sus empresas.

El proyecto en general tuvo las siguientes fases:

1. Fase 1: Definición de objetivos:

Profundización y especificación de los objetivos generales y particulares del proyecto
A partir de estos se procederá a definir los objetivos de las diferentes Fases del proyecto, lo que permitirá establecer las tareas a realizar en cada una.

2. Fase 2: Definición del alcance del proyecto

Definir el alcance de las Fases y las variables a estudiar y evaluar.

3. Fase 3: Planificación general y programación de todas las actividades y tareas a realizar.

En esta Fase se procederá a realizar una planificación estratégica de todas y cada una de las posteriores Fases, definiendo objetivos específicos de cada una como así también el alcance de cada Fase, estableciendo los participantes, los plazos de ejecución, los recursos necesarios en cada una.

4. Fase 4: Desarrollo del marco teórico de la investigación

En esta Fase se buscará y desarrollará el marco teórico que sirva de base para el desarrollo del proyecto, buscando bibliografía específica y actual sobre eficiencia energética, costos energéticos, legislación relevante, estándares de aplicación.

5. Fase 5: Definición de las herramientas de relevamiento

Las herramientas de relevamiento tienen una importancia fundamental en el éxito de la investigación por lo que la definición de las mismas es una tarea de gran importancia y debe estar alineada con los objetivos de cada Fase.

6. Fase 6: Definición de los modelos de procesamiento de la información

Se debe contar con modelos adecuados para el procesamiento de información.

7. Fase 7: Realización del relevamiento de información relacionada con la industria mendocina y el uso de la energía eléctrica

Teniendo definidas las herramientas de relevamiento se procederá a efectuar el mismo según el cronograma resultante de la planificación y programación.

8. Fase 8: Procesamiento y análisis de la información relevada

Se procede al procesamiento y análisis de la información relevada, utilizando los modelos definidos previamente.

9. Fase 9: Definición del mapa de uso energético de la provincia de Mendoza

Diseño del mapa de uso energético de la provincia de Mendoza, el cual muestra cómo es la segmentación de usuarios del sistema eléctrico y refleja cómo es el uso eficiente de la energía eléctrica.

10. Fase 10: Desarrollo de modelos de mejora de eficiencia a partir de las conclusiones del mapa de uso energético, estos modelos permiten tomar decisiones en función del consumo real de un sector específico, atendiendo a las situaciones concretas de cada sector industrial. Esta etapa cuenta de las siguientes actividades principales:

- Definición de variables
- Diseño de modelos
- Desarrollo de los modelos
- Prueba y validación de los modelos

11. **Etapa 11: Conclusiones:** Las conclusiones se obtienen a medida que se van cumpliendo las diferentes etapas del proyecto, lo que permite elaborar artículos para su publicación en revistas científicas con referato y para presentar en eventos científicos relacionados con el área de estudio

La Etapa 1 del proyecto contempló las fases 1 a 5, 7, 8 y 11 y la Etapa 2 del proyecto contemplo las fase 6 y 10, quedando para una 3° etapa la fase 9.

Alcance social y ético de la investigación

El proyecto aspira a brindar un aporte positivo y significativo en la utilización de fuentes de energía renovables que mitiguen los aportes negativos de las fuentes de energía hidrocarburíferas en el medio ambiente. Este aporte puede ser evaluado por medio de indicadores ambientales, señalados como referencia algunos de los que se pueden utilizar, quedando abierta la posibilidad de definir o utilizar otros que reflejen diferentes situaciones que surjan de la investigación

- Uso de energía (equivalente en kilogramos de petróleo) por 1 dólar de producto interno bruto (PPA).
- Emisiones de Dióxido de Carbono per cápita.
- Renovabilidad de la oferta energética

En la referente a alcance ético, el proyecto pretende demostrar que el incremento de tarifas no es un argumento suficiente para aumentar los precios de los bienes y servicios, ya que en la medida que se mejore la eficiencia en el uso de la energía eléctrica los precios de los bienes y servicios se pueden mantener y aun disminuir.

Hipótesis y Objetivos del trabajo

Hipótesis:

Uno de los factores por los cuales los empresarios y los particulares no trabajan en la reducción de los costos de energía es el desconocimiento general sobre el uso eficiente de la energía eléctrica, además en los casos donde son conscientes de que se está haciendo un uso ineficiente de la misma, desconocen la manera de mejorarla. Por lo tanto, el presente proyecto tiene por objetivos los siguientes.

Objetivo general:

Relevar y analizar cómo se está utilizando la energía eléctrica en la industria de la provincia de Mendoza.

Objetivo específico:

Desarrollar un mapa provincial de uso de la energía eléctrica donde se pueda contar con información relevante que indique sector industrial, potencia y energía consumida, eficiencia actual y otras variables asociadas

Desarrollar uno o varios modelos de uso eficiente de energía a partir de las características de los diferentes sectores industriales.

Desarrollar los modelos alternativos concretos para el uso de fuentes de energía renovables, que permitirán:

- Optimizar los consumos energéticos
- Optimizar las compras energéticas
- Optimizar los costos energéticos
- Diversificar las fuentes energéticas e introducir energías renovables
- Minimizar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero

- Implantar un sistema de gestión energética de acuerdo a estándares internacionales de eficiencia

3.1 Procedimiento realizado para el relevamiento de información

Se partió desde una base de datos del IDITS (Instituto de Desarrollo Industrial Tecnológico y de Servicios), en la cual expresaba la cantidad de empresas por rubro. La información la habían obtenido de un Censo Industrial Provincial (CIP), el cual se realiza para obtener información sobre la estructura y desempeño de las siguientes actividades económicas: Explotación de minas y Canteras; Industrias Manufactureras; Suministro de Electricidad, Gas y Agua; Tecnologías de la Información y la Comunicación y Reparación y Mantenimiento de Equipos Informáticos, Telefonía y Comunicación.

El CIP tiene como unidad de observación las empresas y los locales productivos que cada empresa tiene en el territorio provincial.

Los resultados más recientes encontrados fueron del CIP del año 2003, siendo los siguientes:

SECTOR	Nº EMPRESAS	PORCENTAJE
Vitivinicola	684	24,0%
Alimentos conservados	344	12,1%
Papel y gráfica	233	8,2%
Metalmecánica	658	23,1%
Madera y muebles	225	7,9%
Industrias de base minera	96	3,4%
Textil y cueros	85	3,0%
Química y petroquímica	78	2,7%
Plásticos	58	2,0%
Alimentos no conservados	289	10,1%
Bebidas no vínicas	103	3,6%
TOTALES PROVINCIA	2853	100,00%

Tabla 1: Cantidad de empresas en Mendoza. Fuente: IDITS (Instituto de Desarrollo Industrial Tecnológico y de Servicios), CIP año 2003.

En base a esta información, se calculó la muestra representativa a relevar. Se utilizó un análisis estadístico mediante una muestra estratificada, en donde la cantidad de elementos en la muestra se asignan de manera proporcional al tamaño de la población y recolectando información sobre el conocimiento de esta.

$$n = (\alpha^2 \times N \times p \times q) / (e^2 \times (N-1) + \alpha^2 \times p \times q) \quad (1)$$

Referencias de las variables:

α : coeficiente del nivel de confianza (1,65)

N: universo o población

p: probabilidad a favor

q: probabilidad en contra

n: tamaño de la muestra

e: error de estimación (0.1)

Siendo p.q = 0,025.

Se decidió relevar 66 empresas en total, con el fin de alcanzar una muestra representativa del sector industrial mendocino a la fecha, siendo los rubros vitivinícola y metalmecánico los de mayor relevancia en el estudio sumando entre ambos el 47% del total de la muestra.

Las muestras por cada rubro dieron como resultado lo detallado a continuación:

RUBRO	TOTAL	MUESTRA
Vitivinícola	684	16
Alimentos conservados	344	8
Papel y gráfica	233	5
Metalmecánica	658	15
Madera y muebles	225	5
Industrias de base minera	96	2
Textil y cueros	85	2
Química y petroquímica	78	2
Plásticos	58	1
Alimentos no conservados	289	7
Bebidas no vínicas	103	2
TOTAL	2853	66*

*(Se relevaron 67 empresas)

Tabla 2: Muestra representativa. Fuente: elaboración propia.

El paso siguiente fue confeccionar la encuesta con la cual obtener los datos necesarios. Se hizo hincapié en los datos generales de la empresa (localidad, rubro, tamaño, etc.); equipos utilizados; conocimiento, medición, interés y aplicación de herramientas de la EE y utilización de energías renovables, entre otras. Se realizó en la herramienta Forms de Google con la intención de posteriormente poder estudiar esta información con herramientas como Sheet.

Finalmente, se relevaron las empresas. Muchas de las empresas relevadas, se realizaron con colaboración del IDITS con quien se firmó un convenio de colaboración específico para este proyecto con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza, que puso a los miembros del equipo del proyecto en contacto con las empresas para coordinar las visitas a estas y realizarles la encuesta correspondiente. Las demás empresas, se consiguieron por contacto directo y personal del equipo de trabajo. Se comenzó visitando polos industriales cercanos al centro de la provincia y avanzando hacia otros sectores productivos de esta, recorriendo la provincia en su totalidad en un período de 4 meses y finalmente trabajando con los datos recolectados para poder llegar a los resultados expuestos en el presente trabajo.

Además, varias de las empresas relevadas les facilitaron a los estudiantes facturas de energía eléctrica. Ésta tarea no resultó fácil, ya que varias de las empresas no estaban dispuestas a brindar esta información por temas de confidencialidad de las mismas. A pesar de esto, se obtuvieron un total de 30 facturas. Una vez obtenida esta información, el paso siguiente fue volcar en una planilla de Excel los datos de interés. El archivo mencionado, tomó la siguiente forma:

ZONA	RUBRO	FECHA	COS ϕ	Pico (kWh)	Resto (kWh)	Valle (kWh)	Tarifa	POTENCIA CONTRATADA (kW)	IDENTIFICACIÓN
San Martín	Madera y muebles	03/2019	0,895	823	1625	367	T2 ESP	50	1

Tabla 3: Planilla Excel. Fuente: elaboración propia.

A partir de esto, el procesamiento de la información relacionada a las facturas para obtener las conclusiones, se vio facilitado.

4. CONCLUSIONES

4.1 Relación de las inversiones realizadas con el aumento de eficiencia energética



Figura 1: Eficiencia energética. Fuente: Petroquimex (Revista de la industria Energética).

El manejo del concepto de EE se está volviendo significativamente importante, por un lado debido al creciente costo de la energía y por el otro, debido a una política más estricta del uso de energía y regulación ambiental. Lo anterior crea las condiciones propicias para la explotación de una amplia gama de oportunidades para el desarrollo de proyectos de ahorro energético en todos los sectores.

En general la EE está ganando un papel cada vez más importante tanto en la política como en la economía debido a los incrementos en productividad y competitividad que trae consigo. A nivel mundial, la demanda de energía está en aumento debido al crecimiento económico y social.

Mejorar la EE de una empresa tiene como punto clave, la reducción de la cantidad de energía que se emplea para generar un producto o servicio, sin alterar su calidad. Además, alcanzar un uso energético óptimo trae consigo un beneficio ambiental, al reducir el consumo de energía y de emisiones a la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂) las cuales son generadas por distintas industrias que son motores de la economía mundial. También, es un beneficio para la economía de las propias empresas que, al implementar sistemas de gestión de energía y establecer políticas y procedimientos para medir, analizar y mejorar la eficiencia energética de forma sistemática, reducen costos energéticos hasta en 12 por ciento en los primeros 15 meses, según el estudio "Rendimiento energético superior", realizado por el Departamento de Energía de Estados Unidos en 2015.

4.2 Conocimiento de las normas ISO 50001

ISO 50001 es una normativa internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es el de permitirle una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético con un enfoque sistemático. Esta norma apunta a permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero.

Esta Norma Internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar - Hacer - Verificar - Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura.

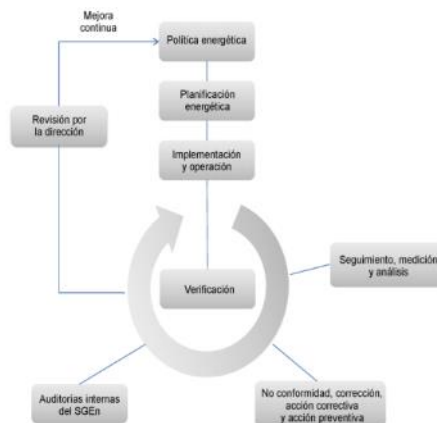


Figura 2: Procedimiento ISO 50001. Fuente: Norma ISO 50001.

En el contexto de la gestión de la energía, el enfoque PHVA puede resumirse la manera siguiente:

- *Planificar*: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;
- *Hacer*: implementar los planes de acción de gestión de la energía;
- *Verificar*: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;
- *Actuar*: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE.

Este ha sido publicado por ISO en junio de 2011, y es aplicable para cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño, sector, o ubicación geográfica.

El sistema ha sido modelado a partir del estándar ISO 9001, de sistemas de gestión de calidad, y del estándar ISO 14001, de sistemas de gestión ambiental.

Uno de los atributos más prominentes de ISO 50001 es el requisito de “mejorar el sistema de gestión de energía, y el desempeño energético resultante” (cláusula 4.2.1.c). Los otros dos aquí mencionados (ISO 9001 e ISO 14001), ambos requieren de mejoras a la efectividad del sistema de gestión, pero no a la calidad del producto/servicio (ISO 9001) o al desempeño ambiental (ISO 14001).

De esta manera, la norma ISO 50001 ha realizado un salto importante al requerir de la organización una demostración de su compromiso con la mejora de su desempeño energético. No se especifican metas cuantitativas, sino que cada organización elige las metas que desea establecer, y posteriormente diseña un plan de acción para alcanzar estas metas. Con este enfoque estructurado, una organización tiene más posibilidades de observar beneficios financieros tangibles.[2]

4.2.1 Conocimiento de las normas ISO 50001 de las empresas relevadas

De acuerdo a los resultados obtenidos, las industrias plásticas, química y petroquímica tienen una tendencia a estar en conocimiento respecto a la norma en cuestión. Esto podría deberse al desarrollo de las mismas en este último tiempo respecto a las inversiones en investigación y desarrollo. Las industrias de bebidas no alcohólicas y textil y cueros presentan un marcado conocimiento de la norma seguidas por la industria metalmeccánica, maderas y muebles y alimentos no conservados. Por último, las que menor grado presentan respecto al conocimiento de las normas son las industrias conserveras, de bases mineras y papel y gráfica.

Además, se pudo ver que las grandes empresas son las que mayor conocimiento tienen de las normas.

En PyMES se observó un menor conocimiento o interés por las Norma ISO 50001, probablemente debido a que, como todos sabemos, en este tipo de empresas es más difícil disponer de recursos humanos que puedan dedicarse a la implementación del sistema.

4.2.2 Razones para la implementación

El objetivo principal de la norma es mejorar el desempeño energético y de EE de manera continua, y adicionalmente identificar oportunidades de reducción de utilización energética. Este enfoque sistemático ayudará a las organizaciones a establecer sistemas y procesos.

Una gestión consistente de la energía ayuda a las organizaciones a descubrir y a aprovechar su potencial de mejorar la EE de su empresa. Se pueden obtener beneficios económicos: como ahorros en costos y realizar una contribución significativa a la protección climática y del medio ambiente (por ejemplo, a través de una reducción permanente en las tasas de emisión de gases de efecto invernadero). La norma debe alertar a los empleados y en particular al nivel ejecutivo y gerencial acerca de las posibles ganancias de largo plazo en relación a su consumo energético. La organización puede descubrir posibles ahorros y ventajas competitivas. Incluso puede lograrse una mejor imagen y prestigio comercial para la organización frente al mercado.

4.3 Medidas de eficiencia tomadas en los últimos 5 años

La energía es un elemento clave en el desarrollo de la sociedad, por ende, eficientizar el uso de la energía es un objetivo principal para que los sectores de un país sean competitivos. El aumento del consumo de energía, derivado del crecimiento económico y de la tendencia de satisfacer el mayor número de necesidades, hace cada vez más urgente integrar la eficiencia energética y las energías renovables en el mundo. Resulta muy importante tomar medidas para lograr la misma.

4.3.1 Cómo reducir hoy día el coste energético en producción

Según los resultados obtenidos, la mayoría de las empresas optó por los sistemas de iluminación LED.

La iluminación LED no solo produce un ahorro en los costos, sino que además tiene beneficios adicionales para el ambiente de trabajo, proporcionando una mayor calidad de la iluminación que aumenta la seguridad y la productividad.

Las principales ventajas que propone la implementación de tecnología LED son:

- Garantía de 5 años.
- Horas de uso medio 30 y 60 mil horas (panel led para uso industrial – MASTER led tuve philips), y existen algunas opciones más específicas de hasta 80 mil horas.
- Son 10 veces más productivas que las lámparas halógenas antiguas de 400 vatios.
- Ofrece una potencia luminosa de 1600 a 4000 lumens lo que son paneles industriales.
- Incluye un driver que lo protege contra subas y cortes de tensión e incluso contra subas de temperatura y también posee un cierre hermético que le brinda resistencia al polvo al agua y golpes.
- Anteriormente se restringía el uso para alturas muy elevadas. Hoy en día se utilizan en largas distancia de 6 m hasta 9 m. Algunos dispositivos iluminan con buenas características hasta los 10 m y 12 m.
- Menor costo de mantenimiento debido al cambio de las reactancias que implican las lámparas halógenas con una duración promedio de 3.000 horas.
- Permiten la regulación de potencia y regulación automática de la iluminación por detección de presencia.

4.3.2 Analizar el consumo de energía y corregir la potencia contratada

Cada parte del equipo de fabricación de una planta tiene un enorme valor en cuanto a datos que pueden revelar medidas bajas o sin coste, y así eliminar la energía desperdiciada que hacen que las facturas de energía sean innecesariamente altas. Delegar la gestión y el análisis del consumo de energía en tiempo real hará que se tenga bajo pleno control su consumo de energía.

Para alcanzar estos objetivos de forma rápida y eficiente, los fabricantes deben alinear el desempeño operacional con una estrategia energética integral y encargar que lo lleven a cabo las personas adecuadas.

4.3.3 Eficiencia de los equipos

Con la etiqueta energética podemos tener una buena información de la eficiencia del equipo.

Las que se sitúan A B y C son las más eficientes y se encuentran por arriba del promedio. D y E son una clasificación media. Finalmente, E, F y G son las menos eficientes y significan un consumo mayor en nuestra tarifa eléctrica.

Hoy en día el consumo eléctrico de los motores en la industria significa el 70% del consumo total.

La industria consume cerca del 40% de la electricidad, de la cual dos terceras partes son utilizadas por motores eléctricos. Los convertidores de frecuencia de velocidad variable (VSD), que regulan la velocidad de los motores, pueden reducir su consumo energético en un 50% en numerosas aplicaciones, pero menos del 10% de los motores están equipados con un dispositivo de esta clase. [3]

Durante los últimos años las empresas buscar llevar la eficiencia del consumo energético a valores muy exigentes. Las máquinas que se han desarrollado con el avance de la tecnología combinan la cogeneración con la criogeneración y otras formas de generación en un ciclo combinado que genera vapor y energía eléctrica y permite el aprovechamiento termodinámico y eléctrico del sistema.

La **cogeneración** es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria).

Si además se produce frío (hielo, agua fría, aire frío, por ejemplo) se llama **trigeneración**.

Si además de esto se capturan las emisiones de dióxido de carbono, se llama **cuatrigeneración** (no debe confundirse con la **tetrageneración**, donde el cuarto tipo de energía producido es energía mecánica).

La ventaja de la cogeneración es su mayor EE ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso.

Otra ventaja, y no pequeña, es que al producir la electricidad cerca del punto de consumo, se evitan cambios de tensión y transporte a larga distancia, que representan una pérdida notable de energía por efecto Joule. Además, es una forma de generación de energía más amigable con el medio ambiente. [4]

4.4 Relación entre el sistema de generación propio de energía y los equipos de mayor utilización dentro de la empresa

4.4.1 Sistemas de Generación de Energía

La generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica por medio de un generador eléctrico. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas de alta potencia.

Al momento de seleccionar un sistema de generación debemos tener en cuenta las ventajas y facilidades para poder implementarlas eficientemente.

- Ubicación geográfica: también relacionado a lo climático por la incidencia a la radiación solar.
- Disponibilidad del recurso energético: facilidad de poder adquirir la materia para producir energía.
- Proceso productivo: cantidad de energía requerida.
- Incidencia en el costo de producción: relación del costo con el producto.
- Implementación de medidas de eficiencia energética: poder realizar el proceso con la menor cantidades de energía posible.

4.4.2 Equipos de mayor utilización

Los equipos más utilizados, dependen del proceso productivo. Teniendo en cuenta si es producción en línea o por lotes. Empleando cintas transportadoras, líneas de aire para máquinas neumáticas, brazos robóticos, transporte de fluidos, etc. Entre ellos tenemos:

- Motor eléctrico
- Bombas
- Compresor
- Soldador eléctrico
- Calderas
- Transformadores
- Intercambiadores

En general los motores eléctricos son un componente predominante en la mayoría de los equipos y máquinas industriales.

Los equipos de generación de calor como calderas, hornos, quemadores también, con sus complementarios intercambiadores de calor, evaporadores.

En base a las respuestas obtenidas y lo expresado anteriormente, se llega a la conclusión de que la gran mayoría de las industrias no poseen sistemas propios de generación y no se plantean hacerlo, ya sea por el fácil acceso y el costo de conectarse a la red.

Normalmente la energía proveniente de la red es la más barata, pero se puede mejorar aportando energía por medio propio o en épocas donde el consumo es mayor, sin alterar la contratación en esos períodos.

Los sistemas de generación propia dependen mucho del lugar geográfico donde la empresa esté ubicada, ya sea por no tener acceso a la red eléctrica o por la facilidad de obtener otro recurso más próximo. Por ejemplo: leña en zona rural y solar en general en nuestra provincia.

La leña se está cambiando a biomasa con el tiempo gracias a nuevos quemadores permitiendo mejorar la eficiencia de equipo, rubro alimenticio o vitivinícola. La misma, quedó tiempo atrás debido a la contaminación y el poco poder calorífico.

Los quemadores de Biomasa se están aplicando en industrias alimenticias donde pueden utilizar sus mismos desechos para genera energía para el proceso, caso de las nueces para secaderos, carozo de durazno para dulce, carozo de aceituna para aceite, etc.

Los sistemas de energía solares y térmicos son muy utilizados en industrias donde el consumo mayor es durante el día (valle), consumo en iluminación, administración, almacenamiento. Son sistemas en general de poca potencia. También se está empezando a utilizar aportar la energía excedente a la red.

Los motores tienen alta predominancia en toda la industria, al igual los sistemas de iluminación y climatización. Hornos, calderas e intercambiadores también. Son los que mayor incidencia en el costo energético tienen. Además, son los que tienen mayor innovación tecnológica (en sus componentes y aislamientos), con el fin de hacerlos más eficientes.

La industria metalmecánica en general tiene sistemas alternativos de generación y los equipos más utilizados son motores y soldadores, ya que tiene picos de consumos en períodos alternados.

La nueva tendencia en la industria es la implantación de sistemas fotovoltaico con iluminación LED para los sectores de administración y almacenamiento en fin de reducir las facturas eléctricas.

Los grupos electrógenos se aplican la mayoría de las veces para sistema de BackUp, lo nuevo en esto es utilizarlos con BioGas y Biocombustibles.

4.5 Factor de potencia en las empresas relevadas

El **factor de potencia** es el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura. Los valores de referencia de este índice de aprovechamiento de energía están representados con valores que van desde el 0 (cero) al 1 (uno) o desde un muy malo factor de potencia a uno excelente.

Respecto a las empresas relevadas, los factores de potencia se encuentran en un rango del 0,737 a 1, encontrándose la mayoría por encima de 0,90.

El valor más bajo se registró en una empresa del rubro vitivinícola en la localidad de San Martín, la cual venía con un factor de potencia oscilando entre 0,882 y 1, y en el mes de marzo del 2018, tuvo su registro más bajo del mismo, con una potencia contratada de 400 kW, siendo que anteriormente venía contratando mucho menos. Esto fue así debido a que se encontraba en plena época de vendimia y no tuvo otra opción que optar por tener un factor de potencia más bajo.

En cuanto a las demás empresas de otros rubros que facilitaron sus facturas energéticas, se visualizan valores muy cercanos todo el año, sin producirse saltos tan abruptos como ocurre en las empresas del rubro mencionado anteriormente.

Por lo tanto, se puede concluir que, en la industria mendocina en general, se tiene muy en cuenta el factor de potencia como herramienta para reducir costos en las facturas de energía, excluyendo a las empresas del rubro vitivinícola en la época de vendimia.

5. REFERENCIAS

- [1] Subsecretaría de Ahorro y EE. (Noviembre del 2017). *Guía de EE para motores eléctricos*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_eficiencia_energetica_para_motores_electricos.pdf
- [2] ISO 50001 (Año 2011) *Sistemas de gestión de la energía*. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es:fig:1>
- [3] Agencia Internacional de la Energía. (Año 2007) *El gasto energético en la industria*. Recuperado de: <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica/gasto-energetico-industria>
- [4] Solutec Energía (s.f.) *Información sobre tecnología Cogeneración*. Recuperado de: <https://solutecenergia.com/informacion-sobre-tecnologia-cogeneracion/>

Comparación entre los costos del teletrabajo y la forma tradicional de trabajo. Caso aplicado a una empresa industrial de la región de La Plata.

Couselo, Romina E⁽¹⁾; Williams Eduardo A., Pendón Manuela M; Cibeira Natalia P, María Belén Filippetti

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata.

(1) romina.couselo@ing.unlp.edu.ar.

RESUMEN.

La pandemia del coronavirus impactó en casi todos los ámbitos y uno en particular fue el del teletrabajo ya que las medidas obligatorias de distanciamiento social y grupos de riesgo hicieron que se acelerara, en muchos casos sin tener un rumbo definido y más por necesidad que por convicción, hacia el teletrabajo.

Las empresas e instituciones abrieron las puertas a este nuevo escenario, que podría tomar fuerza en la realidad post pandemia ya que las personas de negocios plantean en algunos casos oficinas diferentes y cambiar el modelo por uno más flexible.

El trabajo refleja la reducción de costos para las empresas que representa el teletrabajo y poder así ser más competitiva e innovadora.

Por lo que se realiza una evaluación de los costos de implementación y operación del trabajo presencial con información acorde a la realidad de una empresa tecnológica INDUC y compararlos con los costos de implementación y operación del teletrabajo y así poder tomar decisiones de continuar con el teletrabajo post pandemia.

El análisis se realiza en la oficina que la empresa posee en la ciudad de La Plata y de las sucursales en la ciudad de Córdoba y Rosario, como así también, el proyecto de llevar adelante la apertura de una nueva sucursal en la ciudad de Mendoza.

La información es proporcionada por la empresa INDUC según los gastos y costos incurridos durante el año 2019; y respecto a la sucursal de Mendoza que se espera abrir, se estimaron de acuerdo a información primaria y secundaria obtenida de publicaciones, de la empresa, negocios de los diferentes rubros y otras empresas del sector.

Palabras Claves: Costos de operación, Costos de implementación, Teletrabajo.

ABSTRACT

The coronavirus pandemic impacted on almost all areas and one in particular was that of telework as mandatory measures of social distance and risk groups caused it to accelerate, in many cases without a defined direction and more out of necessity than conviction, towards telework.

Companies and institutions opened the doors to this new scenario, which could take hold in the post-pandemic reality as business people in some cases propose different offices and change the model for a more flexible one.

The work reflects the reduction in costs for companies that telework represents and thus be able to be more competitive and innovative.

Therefore, an evaluation of the costs of implementation and operation on site work is made with information according to the reality of an INDUC technology company and compare them with the costs of implementation and operation of telework and thus be able to make decisions to continue with post-pandemic telework.

The analysis is done in the office that the company has in the city of La Plata and the office branches in the city of Cordoba and Rosario, as well as the project to carry out the open of a new office branch in the city of Mendoza.

The information is provided by the INDUC company according to the expenses and costs incurred during the year 2019; and with respect to the office branch in Mendoza that is expected to be opened, they were estimated according to primary and secondary information obtained from publications, the company, businesses of the different headings and other companies of the sector.

Keywords: Operating costs, Implementation costs, Telework.

1. INTRODUCCIÓN.

Los avances en materia tecnológica y acceso a ellas han revolucionado la manera en la cual nos comunicamos actualmente, permitiendo contactar en tiempo real a personas que se encuentran en lugares geográficos diferentes. La manera de trabajar no ha sido ajena a esta tendencia, abriéndose a espacios como las videoconferencias que permiten reunir en un espacio virtual a varias personas, reduciendo costos por desplazamientos.

De igual forma, las nuevas tendencias en materia de gestión del talento humano van de la mano con la gestión de la innovación y la competitividad; y es allí donde surge el teletrabajo como una estrategia para apoyar estas gestiones, permitiendo a las empresas tener mayor capacidad de adaptación y flexibilidad en el mercado para ser más competitivas.

1.1. Objetivos.

Determinar el impacto financiero por la implementación y operación del teletrabajo en una empresa de ingeniería electrónica.

Comparar los costos de implementación y de operación a cargo de la empresa de la modalidad tradicional versus la modalidad teletrabajo, en un periodo de un año laboral para sustentar una propuesta de formalización en la empresa.

1.1.2. *Objetivos específicos.*

Identificar los costos de implementación iniciales de la modalidad tradicional y la modalidad teletrabajo para la empresa en el período de un año.

Identificar los costos de operación de la modalidad tradicional y la modalidad teletrabajo para la empresa en el período de un año.

Comparar los costos de implementación y de operación de la modalidad de trabajo con la del teletrabajo.

Conocer la percepción que tienen los directivos y empleados de la modalidad del teletrabajo por medio de encuestas, para establecer las expectativas.

1.2. Alcance.

Presentar la comparación de costos de implementación y operativos de la forma tradicional de trabajo frente a la alternativa del teletrabajo para una empresa industrial de ingeniería electrónica de la región de La Plata y sucursales actuales; y para un proyecto de apertura de una nueva sucursal en la ciudad de Mendoza. Y conocer la percepción acerca del teletrabajo que poseen los trabajadores de la empresa.

1.3 Bases teóricas.

1.3.1. *Teletrabajo.*

El teletrabajo es una forma de trabajo a distancia, en la cual el trabajador desempeña su actividad sin la necesidad de presentarse físicamente en la empresa o lugar de trabajo.

La Organización Internacional de Trabajo -OIT- [1] define teletrabajo como: "Una forma de trabajo en la cual: el mismo se realiza en una ubicación alejada de una oficina central o instalaciones de producción, separando así al trabajador del contacto personal con colegas de trabajo que estén en esa oficina y; la nueva tecnología hace posible esta separación facilitando la comunicación".

1.3.2. *Diferencias entre trabajo a distancia y teletrabajo.*

Una de las principales diferencias entre el trabajo a distancia y el teletrabajo es que, en el teletrabajo, la empresa puede controlar al trabajador mediante programas de software que permiten registrar el número de operaciones llevadas a cabo, el tiempo que se ha invertido en cada una de ellas, los errores, entre otros puntos más.

En cambio, el trabajo a distancia simplemente se requiere entregar la tarea encomendada con la mayor calidad posible en la fecha correspondiente.

1.3.3. *Teletrabajo y el ahorro en infraestructura.*

La consultora especializada en mejora continua para el crecimiento sostenible de las empresas, Kaizen Institute [2], ha analizado las ventajas que puede ofrecer el teletrabajo para las empresas, destacando el ahorro de hasta un 30% en costos de infraestructura. Si bien resalta la importancia de mantener el contacto frecuente y presencial de los miembros del equipo, aclara que en muchos de los puestos de trabajo en oficinas es factible dedicar un cierto número de días por semana al teletrabajo. El estudio destaca que los trabajadores podrían dedicar entre un 20% y un 30% de su tiempo en formato de teletrabajo, suponiendo una reducción equivalente en el número de metros cuadrados de oficina necesarios para realizar su actividad, reducción de los desplazamientos en

horas donde se genera congestión en las ciudades, y costos energéticos y emisiones asociadas tanto a las oficinas como a los transportes. Por otro lado, destacan también el aumento de horas disponibles de los trabajadores para mejorar la conciliación familiar, al eliminar parte de sus desplazamientos diarios.

Por el contrario, Kaizen Institute [2] destaca que "...pocas empresas en la actualidad estarían preparadas para dar hoy ese paso. Para que este concepto tenga sentido sin perder eficiencia y productividad, es fundamental estandarizar los procesos y mejorar el conocimiento de los tiempos de realización de las tareas, aumentar la visibilidad de la carga de trabajo de cada uno, y establecer dinámicas diarias de planificación, reparto de tareas y gestión de la capacidad, orientando a los equipos hacia una cultura de trabajo por entregables y por procesos, y no por horas de presencia en la oficina".

1.3.4. Teletrabajo legislación en Argentina.

Se aprobó la ley 27555 de teletrabajo en Argentina en la que presenta que "las personas que trabajen contratadas bajo esta modalidad, gozarán de los mismos derechos y obligaciones que las personas que trabajan bajo la modalidad presencial y su remuneración será la correspondiente al convenio colectivo de trabajo, no pudiendo ser inferior, en su caso, a la que percibía o percibiría bajo la modalidad presencial". [3]

Entre sus principales puntos, la iniciativa incorpora el artículo 102 bis a la Ley de Contrato de Trabajo para regular que "habrá contrato de Teletrabajo cuando la realización de actos, ejecución de obras o prestación de servicios" sea "efectuado total o parcialmente en el domicilio de la persona que trabaja, o en lugares distintos al establecimiento o los establecimientos del empleador mediante la utilización de tecnologías de la información y de las comunicaciones". [3]

El principio de reversibilidad está incluido en el Manual de Buenas Prácticas del Teletrabajo referencia que elaboró la Organización Internacional del Trabajo [1], aunque se lo reconoce "tanto si lo solicita el teletrabajador como la empresa", a la vez que allí se establece que "el derecho a regresar a la actividad presencial es un derecho de ambas partes".

En la ley 27555 de teletrabajo [3] figura la obligación por parte del empleador de brindar el equipamiento (hardware y software), las herramientas de trabajo y el soporte necesario para el trabajo a distancia.

El proyecto contempla que los teletrabajadores gozarán de los mismos derechos y obligaciones que las personas que trabajan bajo la modalidad presencial y garantizará la protección de los datos personales de los empleados.

|

1.4.5. Costos y clasificación. Costos de implementación y costos operativos de un proyecto.

Los costos de implementación de un proyecto son todos aquellos que se definen como inversión inicial, compuesta por los activos fijos, intangibles y capital de trabajo necesarios para llevar adelante un proyecto. También llamados costos pre operativos, que corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo en marcha. Se puede decir también, que son todos aquellos costos que se dan desde la concepción de la idea que da origen al proyecto hasta poco antes de la producción del primer producto o servicio. Los costos de operación son los gastos que afrontará la empresa durante el periodo posterior a la inversión inicial; es decir, después de culminada la ejecución de un proyecto.

Los costos de operación o costos de funcionamiento del proyecto que ocurren luego del inicio, construcción o instalación de la nueva capacidad productiva hasta la finalización de su vida útil. Se obtienen a partir de la valorización monetaria de los bienes y servicios que deben adquirirse para mantener la operatividad y los beneficios generados o inducidos por el proyecto.

Los costos operativos representan el flujo de gastos corrientes indispensables para obtener los beneficios. Estos gastos se refieren, por lo general, a los costos de producción, administración y comercialización.

La clasificación de los rubros de costos de un proyecto en inversión inicial y costos operativos no es específica ni precisa, sino que depende de la naturaleza de cada proyecto. Una misma actividad puede representar, para un proyecto una inversión; en tanto que para otro podría representar un costo operativo.

Los costos pueden reaccionar de diversas formas ante los cambios en los niveles de actividad inducidos por la inversión. Estas reacciones configuran dos diferentes patrones de comportamiento en los costos, dando lugar a los costos fijos y costos variables.

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes en su totalidad, independientemente del nivel de actividad.

Por su parte, los costos variables son aquellos que cambian en su totalidad proporcionalmente con las modificaciones registradas en el nivel de actividad. Cuando aumenta la actividad, también se incrementa el costo variable total.

Luego de clasificar los costos operativos de acuerdo con su comportamiento, se puede determinar el costo total operativo, que resultará de la suma del costo fijo más el costo variable.

Por lo que los costos operativos pueden ser fijos o variables. El costo total es la suma del costo fijo y del costo variable.

2. METODOLOGÍA.

Se representa y analizan los costos de implementación del método de trabajo tradicional en la oficina central ubicada en la ciudad de La Plata de la empresa INDUC y de las dos sucursales que cuenta la empresa: una en la ciudad de Córdoba y otra en la ciudad de Rosario; además de la sucursal que están evaluando abrir en la ciudad de Mendoza.

Luego se analizan los costos de implementación del teletrabajo para la oficina central, sus sucursales y la sucursal a evaluar su apertura. Obtenidos los costos de implementación del método de trabajo tradicional y del teletrabajo, se comparan.

Se exponen y analizan los costos operativos del método tradicional de trabajo en la sucursal de La Plata y las sucursales de Córdoba y Rosario como también la sucursal de Mendoza. Se analizan los costos operativos para la modalidad del teletrabajo de la empresa de la ciudad de La Plata y sucursales para luego compararlos.

Se realiza una encuesta a los trabajadores de la empresa acerca de su percepción del teletrabajo. La información es proporcionada por la empresa INDUC según los gastos y costos incurridos durante el año 2019; y respecto a la sucursal de Mendoza que se espera abrir, se estimaron de acuerdo a información primaria y secundaria obtenida de publicaciones, negocios de los diferentes rubros y otras empresas del sector.

3. RESULTADOS.

3.1. La Empresa.

INDUC es una empresa que trabaja en el diseño, desarrollo y venta de productos electrónicos, eléctricos y de ahorro energético de desarrollo y fabricación propia. Cuya misión es ser una empresa de ingeniería creada para prestar servicios en las ramas de la ingeniería electrónica y eléctrica. Apuesta a la innovación, desarrollo de productos y procesos, capacitación, mejora continua, trabajo en equipo e industria nacional.

Algunos de los productos que ofrece son: Paneles Multimedia, Pantallas led, Máquinas CNC bobinadoras, Energía renovable: Desarrollo de equipos de iluminación sustentables, alimentados con energía solar, dimensionamiento de instalaciones solares, Productos de estabilización de tensión automáticos y elevadores automáticos de tensión, monofásicos y trifásicos, Módulos automáticos adaptables para control de encendido y funcionamiento de calderas, Productos Amplificadores de audio, Cargadores de batería automáticos, Modulo ignitor de calderas con chispa de alta tensión electrónica, Maquinas CNC Taladros automáticos para producción de prototipos.

Se destaca en la Distribución y venta personalizada de productos de energías alternativas – renovables, para ahorro y cuidado del medio ambiente.

Empresa constituida en la ciudad de La Plata en el año 2003, que luego se expandió a otras ciudades como: Córdoba y Rosario. La demanda en aumento de sus servicios y productos hace que se evalúe la posibilidad de abrir otra oficina en la ciudad de Mendoza para posicionarse en diferentes segmentos geográficos.

3.2. Estructura organizacional de la empresa.

La empresa INDUC cuenta con una estructura organizacional -Figura 1-, que posee una gerencia general formada por sus dueños y socios: un ingeniero industrial y un ingeniero electrónico. Cuentan con 13 empleados en la ciudad de La Plata, 10 empleado en la ciudad de Córdoba y 8 empleados en la ciudad de Rosario; estimando requerir para la nueva sucursal que desean abrir en Mendoza, requiera de 6 empleados.

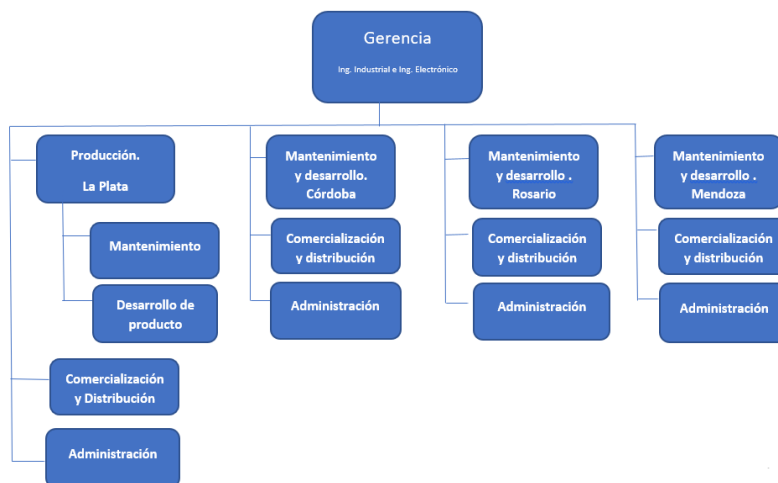


Figura 1. Organigrama de la empresa INDUC con la incorporación de su nuevo proyecto de nueva sucursal.

3.3. Análisis de los costos de implementación.

Se analizan los costos de implementación del método tradicional de trabajo y del teletrabajo por sucursal que posee la empresa INDUC y la comparación de los mismos.

3.3.1. Modalidad tradicional.

Para el análisis de costos de implementación del trabajo tradicional de la empresa se tuvieron en cuenta: los costos del alquiler de las oficinas, siendo éstos de \$9.268; los puestos de trabajo que utilizan sus empleados que ascienden a \$561.600 anuales para todas las sucursales; los equipos informáticos por \$ 3.338.662; mobiliarios y aquellos elementos que se requieren para trabajar en la oficina \$599.756; y otros conceptos para la implementación del trabajo necesarios por la suma de \$161.115 anuales.

También se contempló el costo de adquisición de aires acondicionados, siendo estos de \$ 30.000 cada uno.

Tabla 1. Inversión inicial de gastos de alquileres por sucursal.

Alquileres	La Plata	Cordoba	Rosario	Mendoza
Inversión Inicial	\$ 38.000	\$ 19.000	\$ 12.000	\$ 10.000
Gastos de inmobiliaria	\$ 1.520	\$ 760	\$ 480	\$ 400
Sellados	\$ 1.976	\$ 988	\$ 624	\$ 520
Estudio de garantía	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Inversión en alquileres	\$ 44.496	\$ 23.748	\$ 16.104	\$ 13.920

Tabla 2. Puestos de trabajo por sucursal.

	La Plata	Cordoba	Rosario	Mendoza
Puestos de trabajo	\$ 216.000	\$ 144.000	\$ 115.200	\$ 86.400
Silla de oficina	\$ 103.500	\$ 69.000	\$ 55.200	\$ 41.400
Mueble de escritorio	\$ 112.500	\$ 75.000	\$ 60.000	\$ 45.000

Tabla 3. Equipos informáticos.

	La Plata	Cordoba	Rosario	Mendoza
Equipos	\$ 1.204.528	\$ 852.278	\$ 711.378	\$ 570.478
Computadora de escritorio	\$ 525.000	\$ 350.000	\$ 280.000	\$ 210.000
Impresora con escaner	\$ 297.750	\$ 198.500	\$ 158.800	\$ 119.100

Tabla 4. Mobiliarios.

	La Plata	Cordoba	Rosario	Mendoza
Mobiliario	\$ 190.889	\$ 151.889	\$ 136.289	\$ 120.689
Cajonera	\$ 117.000	\$ 78.000	\$ 62.400	\$ 46.800
Armario	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000
Mesa comedor redonda con 4 sillas	\$ 32.189	\$ 32.189	\$ 32.189	\$ 32.189
Horno microondas	\$ 16.700	\$ 16.700	\$ 16.700	\$ 16.700

Tabla 5. Otros conceptos de costos de implementación del trabajo.

	La Plata	Cordoba	Rosario	Mendoza
Otros	\$ 55.310	\$ 40.685	\$ 35.235	\$ 29.885
Organizador	\$ 8.700	\$ 5.800	\$ 4.640	\$ 3.480
Tonner	\$ 12.000	\$ 8.000	\$ 6.400	\$ 4.800
Hojas resmas	\$ 3.675	\$ 2.450	\$ 1.960	\$ 1.470
Teléfono	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500
Útiles	\$ 15.000	\$ 10.000	\$ 8.000	\$ 6.000
Instalaciones de cables	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500
Juego de té	\$ 2.900	\$ 2.900	\$ 2.900	\$ 2.900
Juego de café	\$ 1.835	\$ 1.835	\$ 1.835	\$ 1.835
Cafetera	\$ 2.600	\$ 2.600	\$ 2.600	\$ 2.600
Pava Eléctrica	\$ 2.100	\$ 2.100	\$ 2.100	\$ 2.100
Aseo	\$ 2.500	\$ 1.000	\$ 800	\$ 700

Los costos de implementación del método tradicional de trabajo son: de \$ 1.771.223 para la empresa en la ciudad de La Plata, de \$1.242.600 en la ciudad de Córdoba, \$1.044.206 en Rosario y se estima que se podrá invertir en llevar adelante la modalidad de trabajo tradicional en Mendoza por \$851.372.

Tabla 6. Costos de implementación del trabajo tradicional por sucursal.

Implementación	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Aire acondicionado	\$ 60.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
Alquileres	\$ 44.496	\$ 23.748	\$ 16.104	\$ 13.920
Mobiliario	\$ 190.889	\$ 151.889	\$ 136.289	\$ 120.689
Equipos	\$ 1.204.528	\$ 852.278	\$ 711.378	\$ 570.478
Puestos de trabajo	\$ 216.000	\$ 144.000	\$ 115.200	\$ 86.400
Otros	\$ 55.310	\$ 40.685	\$ 35.235	\$ 29.885
TOTAL	\$ 1.771.223	\$ 1.242.600	\$ 1.044.206	\$ 851.372

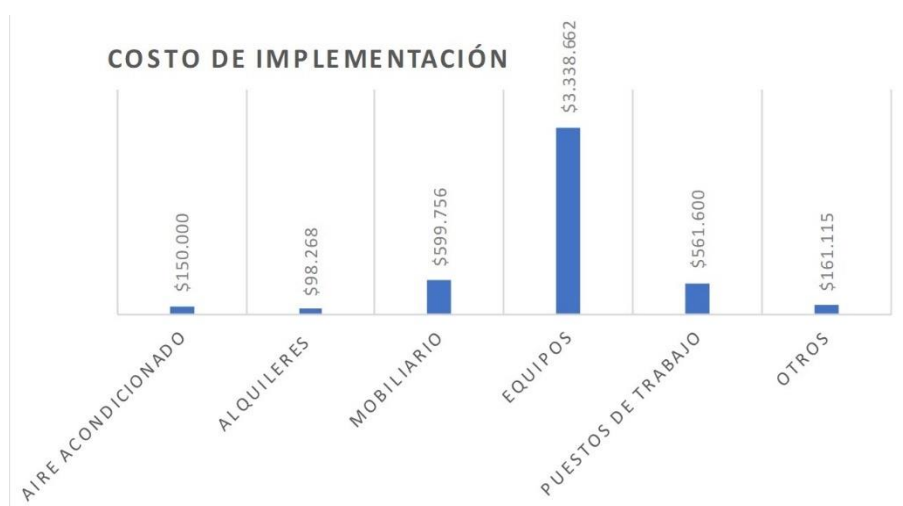


Gráfico 1. Costos de implementación del método tradicional de trabajo.

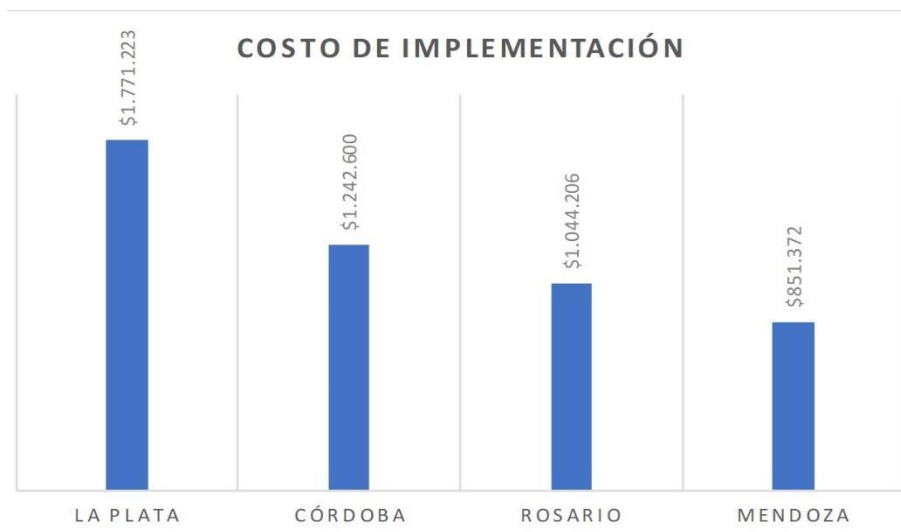


Gráfico 2. Costos de implementación por sucursal.

3.3.2. Modalidad teletrabajo.

Si la empresa opta por llevar adelante sus actividades por el método del teletrabajo, los costos iniciales de implementación se conforman de: inversión en equipos por la suma total de \$ 3.338.662 representado por: computadoras, impresoras y telefonía celular según la ley así lo solicite y; otros conceptos corresponden a conexiones a internet por un total de \$ 55.500.

Los equipos están formados por: computadora a un costo de \$ 35.000 cada una e impresora por \$ 19.850 cada una. La conexión a internet por empleado tiene un costo de \$1500.

Po lo que, con la implementación del teletrabajo, la empresa tiene un costo por empleado de \$56.350 correspondiente a una computadora, impresora y conexión a internet,

No se consideran los costos de alquiler, mobiliarios, puestos de trabajo y aire acondicionado que tendría la empresa en caso de optar por trabajar en sus oficinas

Tabla 7. Costos de implementación del teletrabajo.

Implementación	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Aire acondicionado				
Alquileres				
Mobiliario				
Equipos	\$ 1.204.528	\$ 852.278	\$ 711.378	\$ 570.478
Puestos de trabajo				
Otros	\$ 19.500	\$ 15.000	\$ 12.000	\$ 9.000
TOTAL	\$ 1.224.028	\$ 867.278	\$ 723.378	\$ 579.478

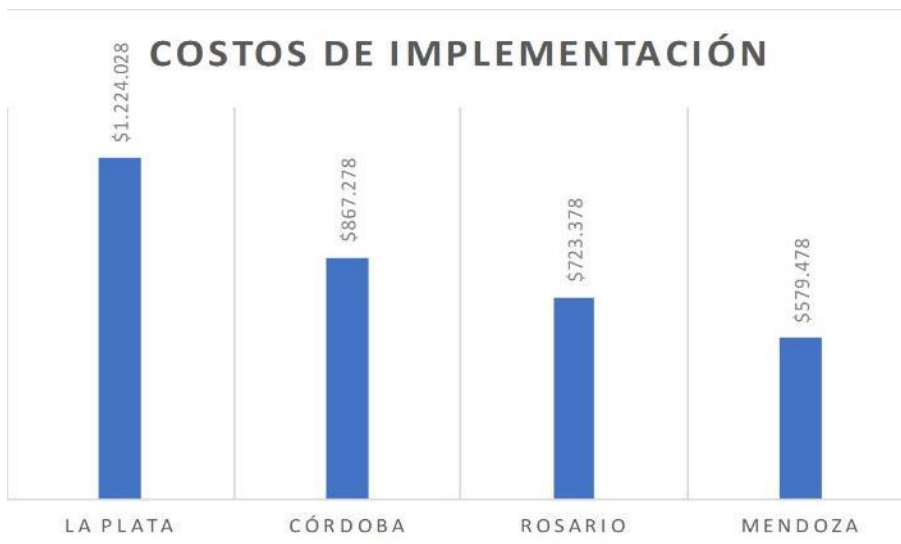


Gráfico 3. Costos de implementación anual de teletrabajo por sucursal.

3.3.3. Comparación entre el método tradicional de trabajo y el teletrabajo respecto a los costos de implementación.

Se compara la inversión inicial necesaria para llevar adelante la actividad de la empresa por área geográfica por el método tradicional de trabajo con el método de teletrabajo, arrojando los siguientes resultados presentados en la Tabla 8, destacando el ahorro en costos de implementar el teletrabajo respecto al trabajo tradicional en un 31% en la ciudad de La Plata, de un 30% en la sucursal que corresponde a la ciudad de Córdoba y de un 31% en Rosario. Evaluando la posibilidad de llevar adelante la apertura de la nueva sucursal en la ciudad de Mendoza con la implementación del teletrabajo se ahorraría un 32%.

Tabla 8. Cuadro comparativo de costos de infraestructura de implementación anual entre el método tradicional de trabajo y teletrabajo

Implementación	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Método tradicional de trabajo	\$ 1.771.223	\$ 1.242.600	\$ 1.044.206	\$ 851.372
Teletrabajo	\$ 1.224.028	\$ 867.278	\$ 723.378	\$ 579.478
Diferencia	\$ 547.195	\$ 375.322	\$ 320.828	\$ 271.894
%	31%	30%	31%	32%



Gráfico 4. Comparación de costos de implementación del método tradicional de teletrabajo con el teletrabajo por sucursal.

3.4 Análisis de costos operativos anuales del método tradicional de trabajo y de teletrabajo.

3.4.1. Costos operativos de la modalidad de tradicional.

Los costos operativos anuales se exponen desglosados: los servicios públicos, teniendo en cuenta los gastos de luz, gas y servicios municipales totalizando \$ 360.000 anuales; los gastos en telecomunicaciones dados por los servicios de internet, telefonía y mantenimiento de equipos por \$126.000; los costos de cafetería por \$124.522; de aseo \$52.143 y de alquileres y expensar por \$878.600.

Tabla 9. Servicios públicos.

	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Servicios públicos	\$ 120.000	\$ 96.000	\$ 84.000	\$ 60.000

Tabla 10. Telecomunicaciones

	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Telecomunicaciones	\$ 42.000	\$ 28.800	\$ 27.600	\$ 27.600
Internet	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000
Telefonía fija	\$ 24.000	\$ 10.800	\$ 9.600	\$ 9.600
Mantenimiento de equipos	\$ 36.000	\$ 18.000	\$ 12.000	\$ 10.800

Tabla 11. Cafetería.

Cafetería	\$ 61.641	\$ 31.161	\$ 20.395	\$ 12.709
Café	\$ 46.116	\$ 23.058	\$ 15.372	\$ 7.686
Té	\$ 960	\$ 480	\$ 240	\$ 240
Azúcar	\$ 1.615	\$ 1.615	\$ 1.615	\$ 1.615
Edulcorante	\$ 1.004	\$ 502	\$ 502	\$ 502
Cucharitas	\$ 346	\$ 346	\$ 346	\$ 346
Bidones de agua	\$ 9.000	\$ 3.600	\$ 1.800	\$ 1.800
Servilletas	\$ 2.600	\$ 1.560	\$ 520	\$ 520

Tabla 12. Aseo.

Aseo	\$ 20.055	\$ 13.370	\$ 10.696	\$ 8.022
Trapo de piso	\$ 975	\$ 650	\$ 520	\$ 390
Trapo regilla	\$ 855	\$ 570	\$ 456	\$ 342
Desinfectante	\$ 1.185	\$ 790	\$ 632	\$ 474
Limpia muebles	\$ 1.035	\$ 690	\$ 552	\$ 414
Franela	\$ 5.850	\$ 3.900	\$ 3.120	\$ 2.340
Escoba	\$ 855	\$ 570	\$ 456	\$ 342
Secador	\$ 975	\$ 650	\$ 520	\$ 390
Pala de basura	\$ 855	\$ 570	\$ 456	\$ 342
Bolsas de basura	\$ 1.425	\$ 950	\$ 760	\$ 570
Desodorante	\$ 1.350	\$ 900	\$ 720	\$ 540
Jabón	\$ 1.170	\$ 780	\$ 624	\$ 468
Detergente	\$ 1.200	\$ 800	\$ 640	\$ 480
Espanja	\$ 1.125	\$ 750	\$ 600	\$ 450
Toalla de mano	\$ 1.200	\$ 800	\$ 640	\$ 480

Tabla 13. Alquileres y expensas anuales.

	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Alquiler	\$ 350.000	\$ 228.000	\$ 144.000	\$ 120.000
Expensas			21600	15000
Total alquiler y expensas	\$ 350.000	\$ 228.000	\$ 165.600	\$ 135.000

Tabla 14. Costos operativos anuales del método de trabajo tradicional por sucursal.

Costos operativos	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Alquiler	\$ 350.000	\$ 228.000	\$ 165.600	\$ 135.000
Servicios públicos	\$ 120.000	\$ 96.000	\$ 84.000	\$ 60.000
Telecomunicaciones	\$ 42.000	\$ 28.800	\$ 27.600	\$ 27.600
Cafetería, agua.	\$ 61.641	\$ 31.161	\$ 20.395	\$ 12.709
Aseo	\$ 20.055	\$ 13.370	\$ 10.696	\$ 8.022
TOTAL	\$ 593.696	\$ 397.331	\$ 308.291	\$ 243.331

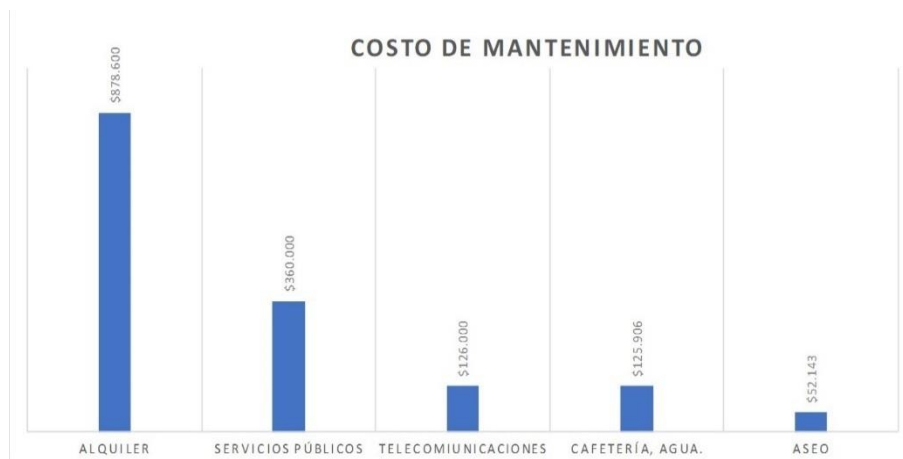


Gráfico 5. Costos operativos del método tradicional de trabajo.

3.4.2 Costos operativos de teletrabajo.

Se considera como costos operativos con el método del teletrabajo a los costos de internet para cada trabajador anualmente totalizando para la empresa \$ 702.000, mantenimiento de equipos en caso que lo requieran por \$73.200 y la telefonía móvil para cada empleado por un costo de \$468.000.

Tabla 15: Costos operativos anuales de teletrabajo por área geográfica.

Costos operativos	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Internet	\$ 270.000	\$ 180.000	\$ 144.000	\$ 108.000
Mantenimiento de equipos	\$ 36.000	\$ 18.000	\$ 9.600	\$ 9.600
Telefonía	\$ 180.000	\$ 120.000	\$ 96.000	\$ 72.000
TOTAL	\$ 486.000	\$ 318.000	\$ 249.600	\$ 189.600

La empresa deberá afrontar los gastos de internet mensuales por empleado por la suma de \$1.500. El mantenimiento de equipo se determinó: \$3.000 por mes para La Plata, \$1500 por mes para Córdoba, \$1.000 por mes en Rosario y \$900 mensuales en Mendoza. No es un costo por trabajador, son servicios que se envían en el caso de que alguna computadora o dispositivo sufra alguna rotura que requiera reparación.

La telefonía tiene un costo de \$1.000 mensuales por trabajador para la empresa.

Por lo que la empresa tendría un costo de mantenimiento de teletrabajo por trabajador de \$2.500 mensuales.

3.4.3. Comparación de costos operativos entre método tradicional de trabajo y teletrabajo.

En los costos de mantener anualmente la estructura de trabajo tradicional con el costo de mantener el teletrabajo por área geográfica, se determina una diferencia porcentual de ahorro del 18% para la ciudad de La Plata, un 20% de ahorro para la sucursal de Córdoba, un 19% en Rosario y de un 22% en la ciudad de Mendoza.

Tabla 16: Cuadro comparativo de costos operativos anuales del método tradicional de trabajo vs teletrabajo por área geográfica.

Costos operativos	La Plata	Córdoba	Rosario	Mendoza
Método tradicional de trabajo	\$ 593.350	\$ 396.985	\$ 307.945	\$ 242.985
Teletrabajo	\$ 486.000	\$ 318.000	\$ 249.600	\$ 189.600
Diferencia	\$ 107.350	\$ 78.985	\$ 58.345	\$ 53.385
%	18%	20%	19%	22%

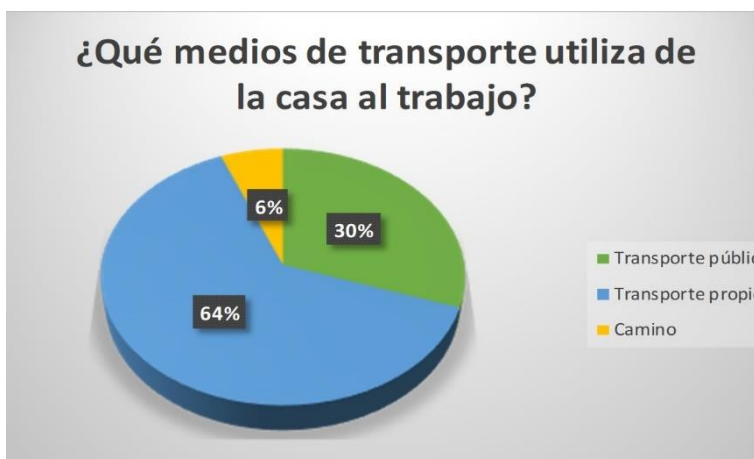
Método Tradicional vs Teletrabajo



Gráfico 6. Comparación de costos operativos entre el método tradicional y el teletrabajo.

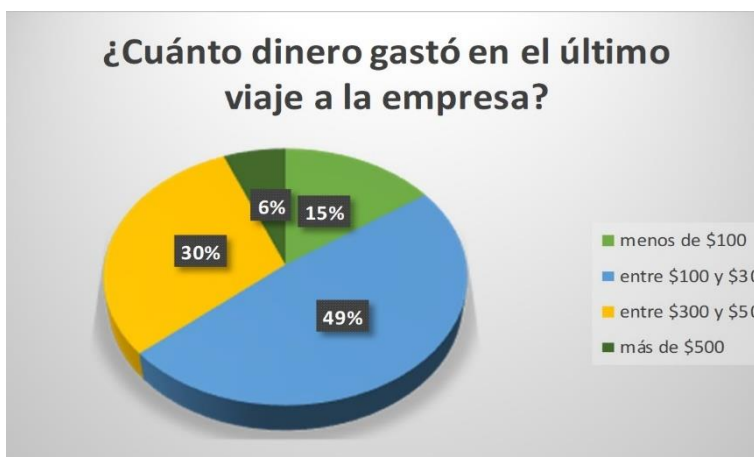
3.5. Análisis de los costos operativos para los empleados

Para identificar los costos a cargo de los empleados, se llevaron adelante la siguiente encuesta a los 33 empleados de la empresa.

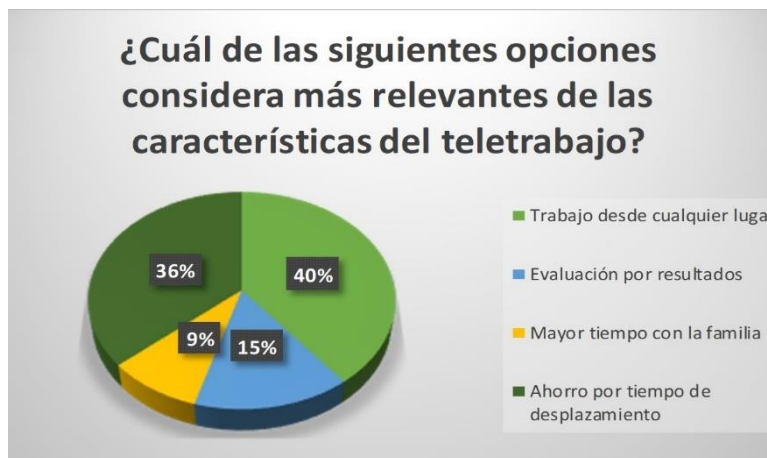


Se les consultó acerca de qué medios de transporte utilizan para asistir al trabajo. De los 33 empleados, 10 empleados utilizan transporte público, 21 empleados utilizan transporte propio y 2 empleados van caminando a su trabajo.

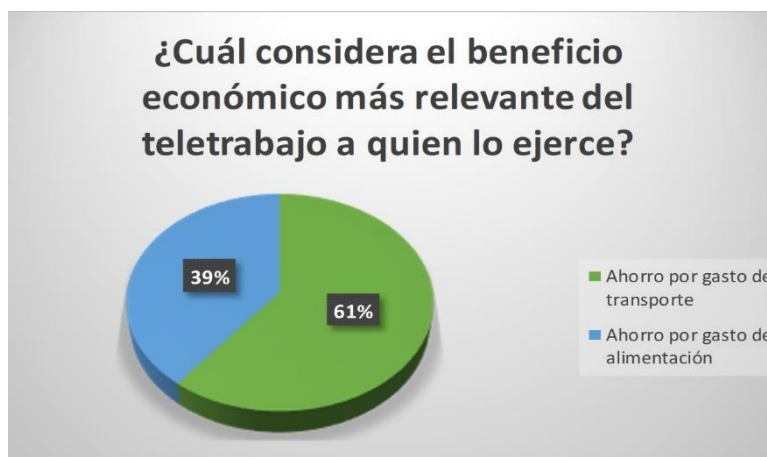
Otra consulta realizada es acerca del dinero que gastó en el último viaje a la empresa, teniendo en cuenta el gasto en transporte, combustible, o peajes y comida o colaciones. Los resultados a esta pregunta fueron: 5 personas gastaron menos de \$100, 16 personas gastaron entre \$100 y \$300, 10 personas respondieron que gastaron entre \$300 y \$500 y 2 empleados gastaron más de \$500.



Para un análisis acerca de la percepción del teletrabajo para los trabajadores de la empresa, se les dio la posibilidad de elección de las siguientes opciones relevantes para ellos; donde 13 de los 33 empleados considera que una de las características relevantes del teletrabajo es que le permite trabajar desde cualquier lugar, 5 empleados coinciden en que es una forma de evaluación por resultados, 3 empleados consideran que el teletrabajo ofrece mayor tiempo en familia y 12 empleados consideran que existe un ahorro por tiempo de desplazamiento como característica relevante del teletrabajo.



Y, por último, se les preguntó cuál considera el beneficio económico más relevante del teletrabajo y como respuesta 20 trabajadores aseguraron que el ahorro se genera en el transporte, y además 13 de ellos también acuerdan que se ahorra en alimentación.



4. CONCLUSIONES.

El desarrollo del estudio realizado en la empresa permitió identificar y desglosar, con datos reales, los costos de implementación y costos operativos de la modalidad tradicional y el teletrabajo, que están a cargo de la empresa.

La implementación o puesta en marcha del teletrabajo implica ahorros en costos de inversión inicial y de operación para la empresa.

El ahorro promedio de costos de implementación correspondiente al modelo tradicional de trabajo y el teletrabajo fue de 31%. En la ciudad de La Plata se ahorraría un 31% con la implementación del teletrabajo, en Córdoba un 30%, en la sucursal de Rosario un 31% y en la ciudad de Mendoza, de llevar el proyecto adelante, se ahorrarían un 32%.

Mientras que, en la diferencia de los costos operativos anuales entre el método tradicional de trabajo y el teletrabajo, el ahorro promedio fue un 20%. Un ahorro del 18% en la ciudad de La Plata, 20% se ahorrarían en costos operativos en la ciudad de Córdoba, en Rosario un 19% y en Mendoza se produciría un ahorro del 22%.

Para los trabajadores la característica fundamental del teletrabajo es poder trabajar desde cualquier lugar y el ahorro que les representaría en tiempos de desplazamiento desde su casa hasta las instalaciones de la empresa.

4. REFERENCIAS.

- [1] Organización Internacional del Trabajo. (2011). “Manual de Buenas Prácticas en Teletrabajo”. ed. Buenos Aires: Oficina Internacional del Trabajo, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Unión Industrial Argentina.
- [2] Kaisen Institute. (2020) www.kaisen.com
- [3] Boletín Oficial de la República Argentina. Régimen Legal del Contrato de Teletrabajo. Ley 27555. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/233626/20200814>
- [4] Alvira, Francisco (2004), La encuesta: una perspectiva general metodológica. Madrid Centro de Investigaciones Sociológicas.
- [5] Baca Urbina Gabriel (2010) “Evaluación de Proyectos”. Sexta Edición Edición Mc Graw Hill
- [6] De Leeuw, Edith, Joop Hox y Don Dillman, (2008), International handbook of survey methodology, London: Routledge Academic
- [7] Fowler, Floyd J. (2002), Survey research methods. Third Edition. London: Sage.

Factibilidad Económica para la Producción de Etanol Lignocelulósico por medio del Rastrojo de Maíz Mediante la Aplicación de un Modelo Matemático.

Luis Alberto Orlandi, Mgtr. Ing.*, Irma Noemi No, Mgtr. Lic., Adalberto Mario Ascurra, Mgtr. Ing.

Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina
Ruta 4 (ex-Camino de cintura) – Km. 2, Lomas de Zamora, Buenos Aires (1832)
lorlandi@ingenieria.unlz.edu.ar, ino@ingenieria.unlz.edu.ar, mascurra@gmail.com

RESUMEN.

Los biocombustibles constituyen una de las fuentes más significativas de las energías renovables para las que Argentina posee ventajas comparativas importantes considerando autoabastecimiento y exportación a países industriales con necesidad de mejorar su balance energético, siendo las condiciones de este país adecuadas para desarrollar insumos básicos necesarios para la producción de energía a partir de biomasa. El Bioetanol es un bio-sustituto de los combustibles convencionales, actualmente se obtiene por un proceso de fermentación alcohólica de la caña de azúcar y por hidrolización con una posterior fermentación del almidón del maíz siendo esta una materia prima que resta recursos a la industria alimentaria. Teniendo en cuenta esto, se plantea la posibilidad de producir etanol con materia prima que se desecha, generando la obtención de energía sustentable y renovable favoreciendo el cuidado del medio ambiente.

Para esta actividad, se determinó por medio de un modelo matemático (Riggs, 1999) la factibilidad económica de la producción de etanol a través del rastrojo de maíz, utilizando procesos tecnológicos, teniendo en cuenta datos significativos e índices económicos agroindustriales reales de la cantidad de rastrojo disponible en Argentina por región y zona de siembra.

Palabras Claves: Biocombustibles; Bioetanol lignocelulósico; Producción de Bioetanol; Energías sustentables; Método de Riggs

ABSTRACT

Biofuels are one of the most significant sources of renewable energy for which Argentina has significant comparative advantages, considering self-sufficiency, and export to industrial countries in need of improving its energy balance, being the conditions in this country adequate to develop basic inputs necessary for the production of energy from biomass. Bioethanol is a bio-substitute for conventional fuels, it is currently obtained by an alcoholic fermentation process of sugar cane, and by hydrolyzing, with a subsequent fermentation of corn starch, being this, a raw material that reduces resources to the food industry. Taking this into account, the possibility of producing ethanol is raised, with raw material that is discarded, generating the obtaining of sustainable and renewable energy, favoring the care of the environment.

For this activity, the economic feasibility of ethanol production through maize stubble, through technological processes, was determined by means of a mathematical model (Riggs, 1999), taking into account significant data and agricultural economic indices. industrial, with real data on the amount of stubble available in Argentina by region and planting area.

Keywords: Biofuels; Lignocellulosic bioethanol; Bioethanol Production; Sustainable energies; Riggs method

1. INTRODUCCIÓN.

La presente publicación se enfoca en el análisis de factibilidad económica de la producción de bioetanol lignocelulósico a partir de una fuente como el rastrojo de maíz, destacando que con esta cualidad, no se resta recursos a la industria alimentaria, por el contrario, se obtendría una fuente energética sustentable y renovable, este tipo de biomasa genera contenido energético a partir de la fotosíntesis, y de este modo se estaría consumiendo energía solar a través de este mecanismo biológico.

En primer lugar, cabe destacar que se trata de una materia prima que no resta recursos a la industria alimentaria. Por el contrario, el material lignocelulósico podría aportar numerosas ventajas en la obtención de una fuente energética sustentable y renovable.

En segundo lugar, esta propiedad tan importante, la sustentabilidad, proviene del hecho que este tipo de biomasa genera su contenido energético -como todos los vegetales- a partir de la fotosíntesis, lo que implica, en última instancia, consumir energía solar fijada por este mecanismo biológico.

La tercera cuestión es que los costos unitarios de las diversas fuentes de materia prima están todavía en evolución sobre la base de innovaciones tecnológicas. Hasta fechas muy recientes, la caña de azúcar ha sido la fuente más barata en la obtención de bioetanol. Sin embargo, algunos cambios tecnológicos son dignos de analizarse para verificar si hay modificaciones en las alternativas de fuentes de biomasa más económicas.

Por ello, nuestro foco de estudio está dado tanto en la descripción de los procesos tecnológicos, como en los costos resultantes de los mismos, centrándonos en la biomasa proveniente de rastrojo de maíz y, casualmente, de sorgo.

1.1. Definición del Problema y Objetivo del Trabajo.

Las energías alternativas son una solución eficiente al constante incremento de la demanda energética a nivel mundial, en el caso del bioetanol tradicional obtenido por ejemplo del maíz o de la caña de azúcar, compite directamente con productos alimenticios, nuestra propuesta es partir de una materia prima como el rastrojo de maíz que se considera un desecho no compitiendo de ninguna manera con la alimentación.

La finalidad es determinar por medio de un modelo matemático la viabilidad económica del proceso de obtención del bioetanol lignocelulósico

1.2. Bioetanol Lignocelulósico.

Desde el año 2005 hasta la actualidad la demanda energética en la Argentina se encuentra en un constante aumento que oscila en un 10% anual, generando una imperiosa necesidad de incrementar y diversificar la matriz energética y por consiguiente no depender solamente de combustibles fósiles como el petróleo.

La obtención de combustibles fósiles, por el momento pueden incrementar su producción en base a nuevas tecnologías en exploración y refinación como así también en el hallazgo de yacimientos de petróleo no convencionales.

En los últimos años la Argentina se ve necesitada de importar petróleo y sus derivados ya que no puede satisfacer la demanda, en ese escenario la opción de los combustibles no convencionales son una solución posible para lograr un balance en la matriz energética nacional.

El bioetanol es un biosustituto de los combustibles convencionales, se obtiene de la fermentación alcohólica de la caña de azúcar, en la actualidad y por ley, los combustibles como las naftas tienen un porcentaje de etanol en su formulación, generando un ahorro de combustibles fósiles y preservando el medio ambiente, evitando que se produzcan parcialmente gases de efecto invernadero que generan el calentamiento global.

La Ley 26.093 define como " biocombustibles" al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Debido a la gran superficie cultivable de la Argentina las plantas productoras de bioetanol se encuentran fuera de los centros urbanos más poblados generando la descentralización y empleo donde más se los necesita, impulsando asimismo el desarrollo de zonas del interior del país.

En cuanto al origen del bioetanol se distinguen dos procedimientos: los que utilizan como materia prima cultivos alimenticios tales como el maíz, trigo, sorgo y cebada, se los denomina de primera generación y compiten directamente con los alimentos, en cuanto a los de segunda generación son aquellos que se obtienen a partir de residuos forestales o residuos de procesos agroindustriales, básicamente se trata de una materia prima que no resta recursos a la industria alimentaria. Por el contrario, el material lignocelulósico podría aportar numerosas ventajas en la obtención de una fuente energética sustentable y renovable. [1]

1.3. Proceso Industrial.

Se describen brevemente las etapas que componen el proceso industrial de producción de bioetanol.

1.3.1. Molienda.

Hay dos tipos de molienda, en seco y húmeda. Durante el proceso de molienda en húmeda, el grano está separado en sus componentes, el almidón se convierte en etanol y los componentes restantes o subproductos se venden; durante el proceso de molienda en seco, los granos no están fraccionados y todos sus nutrientes entran en el proceso y se concentran en un subproducto de la destilación utilizado para el alimento animal.

1.3.2. Pretratamiento.

Los pretratamientos tienen por objetivo romper la matriz de lignina presente en el material, para dejar expuestos los distintos polisacáridos para que sean reducidos a azúcares fermentables a través de hidrólisis enzimática.

1.3.3. Detoxificación.

Durante los procesos de pretratamientos e hidrólisis de la biomasa lignocelulósica, se generan una gran cantidad compuestos que pueden inhibir el proceso. Por esta razón y dependiendo del tipo de pretratamiento pueden emplearse los métodos de detoxificación, que pueden ser físicos, químicos o biológicos.

1.3.4. Hidrólisis.

Los polímeros de carbohidrato presentes en los materiales lignocelulósicos necesitan ser convertidos a azúcares simples antes de la fermentación, a través de un proceso llamado hidrólisis. Se clasifica en hidrólisis química y enzimática.

1.3.5. Fermentación.

El hidrolizado del material lignocelulósico no solo contiene glucosa que es el primer producto de fermentación, sino también contiene varios monosacáridos como la xilosa, manosa, galactosa, arabinosa y oligosacáridos que igualmente deben ser fermentados por microorganismos para una eficaz producción de bioetanol.

1.3.6. Destilación.

Tanto la hidrólisis como la fermentación de la biomasa originan subproductos, y se han desarrollado tecnologías para su recuperación. En el caso en que los productos de fermentación son más volátiles que el agua su recuperación se hace generalmente por destilación. Un proceso de destilación separa el bioetanol de la mezcla líquida con el agua, por lo tanto, el primer paso es recuperar el bioetanol en una columna de destilación, donde la mayoría de los remanentes de agua y partes sólidas son removidos, el producto (37% bioetanol) se concentra en una columna, aquí los procesos se llevan a cabo con un excesivo cuidado para reducir las pérdidas en un 99.6%. Después del primer paso, los sólidos son separados usando una centrífuga y una secadora rotativa, una parte de los sólidos recuperados (25%) son fermentados nuevamente y el resto se evapora, aunque gran parte de lo evaporado se recupera nuevamente. [2]

2. METODOLOGÍA.

La metodología utilizada se funda en el estudio de un caso que se basa en datos significativos e índices económicos de tipo agroindustriales, que fueron aportados por la Facultad de Ciencias Agrarias perteneciente a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, con datos fácticos referentes a la cantidad de rastrojo disponible en nuestro país, por región y zona donde se siembra el mismo. Estos datos fueron alcanzados por la existencia de bases de datos del laboratorio NIRS (Espectroscopía de Infrarrojo Cercano), en conjunto con indicadores de costos industriales agropecuarios provenientes de bibliografía específica, y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina [3], junto con la Confederación Argentina de Transporte de Cargas, ajustados temporalmente y por orden de magnitud, con objetivo de determinación de costos de producir bioetanol a través de rastrojo del maíz y sorgo [4].

Asimismo, se aplica un modelo matemático que permita determinar la viabilidad económica de obtener bioetanol por medio de esta metodología [5], para así obtener fórmulas y ecuaciones aceptables en función de analizar la realidad y predecir precios, costos y utilidades.

2.1. Análisis explicativo fórmula de Riggs.

Dada la Ecuación (1):

$$P = X - y.N \quad (1)$$

Siendo:

- P Precio del producto post fabricación (\$)
- X Precio del producto en el mercado (\$)
- Y Variable del tipo de mercado
- N Número de productos a fabricar (unidades, kg, m³, etc.)

Si "N" aumenta, el precio del producto disminuye hasta adoptar el valor cero (ideal), y N se transforma en N_p, denominándose mercado potencial (ver Ecuación (2)).

$$0 = X - y.N_p \quad (2)$$

El mercado potencial, es un dato estadístico que proviene de un estudio de marketing, una consultora o bien de la experiencia. Esto nos permite calcular la variable del tipo de mercado, expresada en la fórmula (3).

$$y = X / N_p \quad (3)$$

Si se asignan valores de demanda, y precios, se detecta que el modelo se puede adaptar a una economía de escala, donde al aumentar la demanda, los costos disminuyen, pero esto posee un límite.

El modelo se adapta a una economía de escala, si se aumenta la producción, los costos disminuyen, pero con un cierto límite, como se mencionó anteriormente.

Luego, combinando este método con las fórmulas de economía clásica presentado en el sistema (4)

$$\begin{cases} U = V - C \\ C = F + v.N \\ V = P.N \end{cases} \quad (4)$$

Siendo: U (utilidad neta), V (ventas), v (costo variable unitario), F (costos fijos), N (cantidad de producto), C (costo total).

Se logra obtener cual es la cantidad óptima por producir expresada en la Ecuación (5):

$$N_{\acute{o}p} = (X - v) / 2.y \quad (5)$$

Así se determina la cantidad de bioetanol que conviene obtener para alcanzar la máxima utilidad [5][1].

Se propone en el caso estudiado valores de F, v, X, V, P, N_{máx} (mencionada como N_{óp} en la fórmula 5) y N_p, confeccionando una planilla de cálculo (Tabla 1), a fin de simular escalas de producción diversas, para obtener la cantidad óptima de producto a fabricar, generando a su vez, la máxima utilidad, tratándose del objetivo principal de toda empresa.

Tabla 1 Punto de Equilibrio y Utilidades.

X	v	y	P	F	N_{máx}	N_p
100	60	0,001	80	300000	20000	100000
N	F	v.N	F+v.N	U	V	P
0	300000	0	300000	-300000	0	100
19000	300000	1140000	1440000	99000	1539000	81
19900	300000	1194000	1494000	99990	1593990	80,1
20000	300000	1200000	1500000	100000	1600000	80
20100	300000	1206000	1506000	99990	1605990	79,9
21000	300000	1260000	1560000	99000	1659000	79

Divisando en este caso que la cantidad óptima a producir es de 20.000 unidades, a un precio de \$80, se puede confeccionar un gráfico con un diagrama de punto de equilibrio (Figura 1).

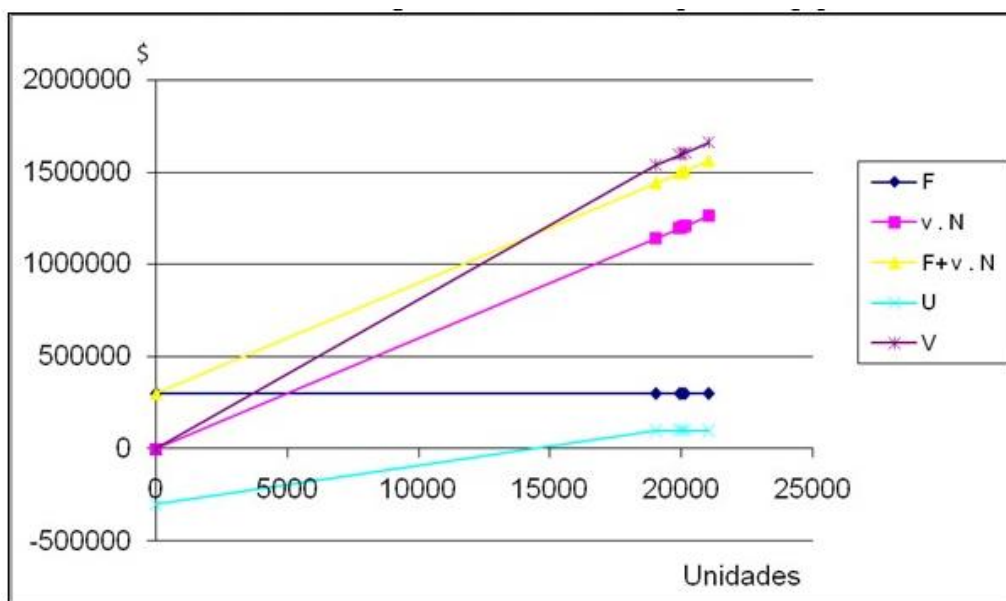


Figura 1 Diagrama de Punto de Equilibrio.

En la Figura 1 se puede observar que la curva de Utilidad, corta al eje de N (unidades) en 15.000, siendo este el punto de equilibrio, ya que la utilidad es \$0, siendo este un punto muy importante para el proceso, por tratarse de la cantidad mínima a producir para no tener pérdidas.

Para este caso (bioetanol) es conocido el precio del mercado “X” con detalle, por ende, si luego de realizar el análisis de factibilidad, se llegase a un precio “P” inferior, estaríamos en condiciones de afirmar, al menos de modo preliminar, la viabilidad del proceso de obtención del producto a través del método lignocelulósico [1].

2.2. Análisis de Datos.

Se fijan una serie de parámetros y escenarios [1] para lograr calcular los diversos costos involucrados en la producción de bioetanol, con las condiciones que existen en la Argentina, en base a datos oficiales [3].

2.2.1. Escenario 1.

Se consideran los siguientes parámetros:

- Distancia máxima de transporte no supera un radio de 100km.
- Precio de producto en el mercado: 11989,86 \$/t
- Costos variables: 6639,7 \$/t
- Costos fijos estimados: 3000000\$
- Mercado potencial de bioetanol: 360000 t

En la Tabla 2 y en la Figura 2 pueden observarse los detalles de los cálculos correspondientes al escenario 1.

Tabla 2 Análisis de Utilidades del Escenario 1.

X	v	y	P	F	Nmáx	Np
11990	6640	0,0333	9315	3000000	80316,93	360000
N	F	v.N	F+v.N	U	V	P
0	3000000	0	3000000	-3000000	0	11990
79316,93	3000000	52666442	52966442	21181448	74147890	9348,30
		0	0	4	5	
80216,93	3000000	53264042	53564042	21184745	74748787	9318,33
		0	0	7	7	
80316,93	3000000	53330442	53630442	21184779	74815221	9315
		0	0	0	0	
80416,93	3000000	53396842	53696842	21184745	74881587	9311,65
		0	0	7	7	
80316,93	3000000	53994442	54294442	21181448	75475890	9281,69
		0	0	4	5	

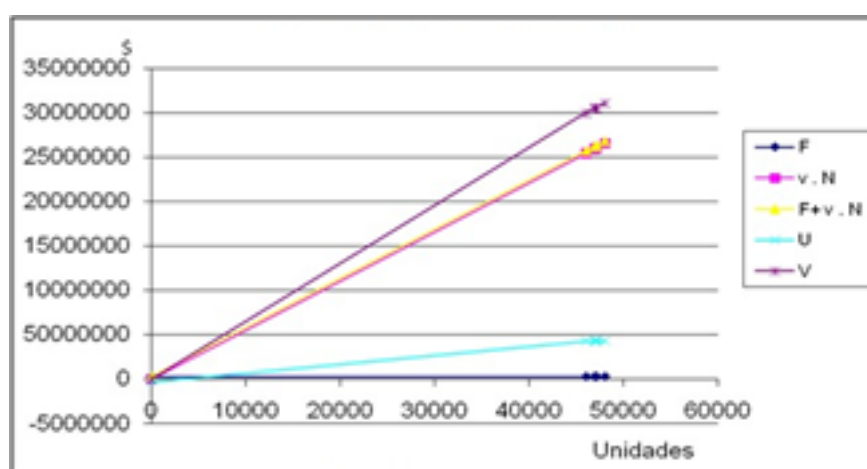


Figura 2 Análisis de utilidades del escenario 1.

2.2.2. Escenario 2.

Se consideran los siguientes parámetros:

- Distancia máxima de transporte no supera un radio de 300km.
- Precio de producto en el mercado: 11989,86 \$/t
- Costos variables: 6892,7 \$/t (incrementa por costo de transporte)
- Costos fijos estimados: 3000000\$
- Mercado potencial de bioetanol: 360000 t

En la Tabla 3 y en la Figura 3 pueden observarse los detalles de los cálculos correspondientes al escenario 2.

Tabla 3 Análisis de Utilidades del Escenario 2.

X	v	y	P	F	Nmáx	Np
11990	6893	0,0333	9441,5	3000000	76518,76	360000
N	F	v.N	F+v.N	U	V	P
0	3000000	0	3000000	-3000000	0	11990
75518,76	3000000	52055085	52355085	19197476	71552562	9474,80
		2	2	9	0	
76418,76	3000000	52675455	52975455	19200774	72176229	9444,83
		2	2	1	3	
76518,76	3000000	52744385	53044385	19200807	72245192	9441,5
		2	2	4	6	
76618,76	3000000	52813315	53113315	19200774	72314089	9438,17
		2	2	1	3	
77518,76	3000000	53433685	53733685	19197476	72931162	9408,19
		2	2	9	0	

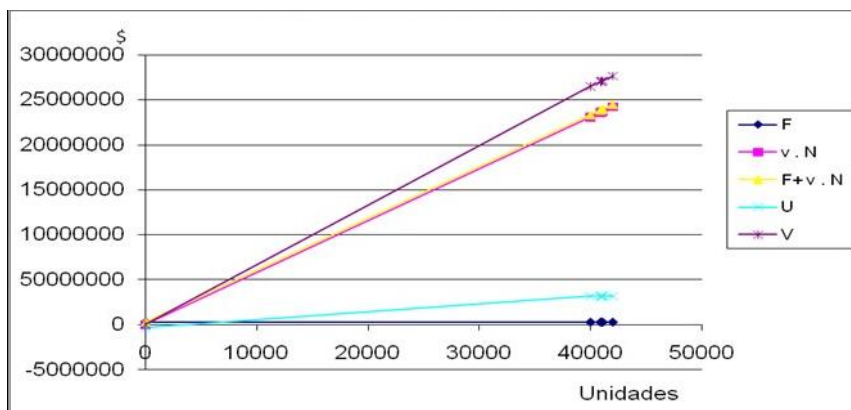


Figura 3 Análisis de utilidades del escenario 2.

2.2.3. Escenario 3.

Se consideran los siguientes parámetros:

- Distancia máxima de transporte no supera un radio de 500 km.
- Precio de producto en el mercado: 11989,86 \$/t
- Costos variables: 7024,7 \$/t (incrementa por costo de transporte).
- Costos fijos estimados: 3000000\$
- Mercado potencial de bioetanol: 360000 t

En la Tabla 4 y en la Figura 4 pueden observarse los detalles de los cálculos correspondientes al escenario 3.

Tabla 4 Análisis de Utilidades del Escenario 3.

X	v	y	P	F	N_{máx}	N_p
11990	7025	0,0333	9507,5	3000000	74537,11	360000
N	F	v.N	F+v.N	U	V	P
0	3000000	0	3000000	-3000000	0	11990
73537,11	3000000	51659822	51959822	18200508	70160330	9540,80
		8	8	1	8	
74437,11	3000000	52292072	52592072	18203805	70795878	9510,83
		8	8	3	1	
74537,11	3000000	52362322	52662322	18203838	70866161	9507,5
		8	8	6	4	
74637,11	3000000	52432572	52732572	18203805	70936378	9504,17
		8	8	3	1	
75537,11	3000000	53064822	53364822	18200508	71565330	9474,19
		8	8	1	8	

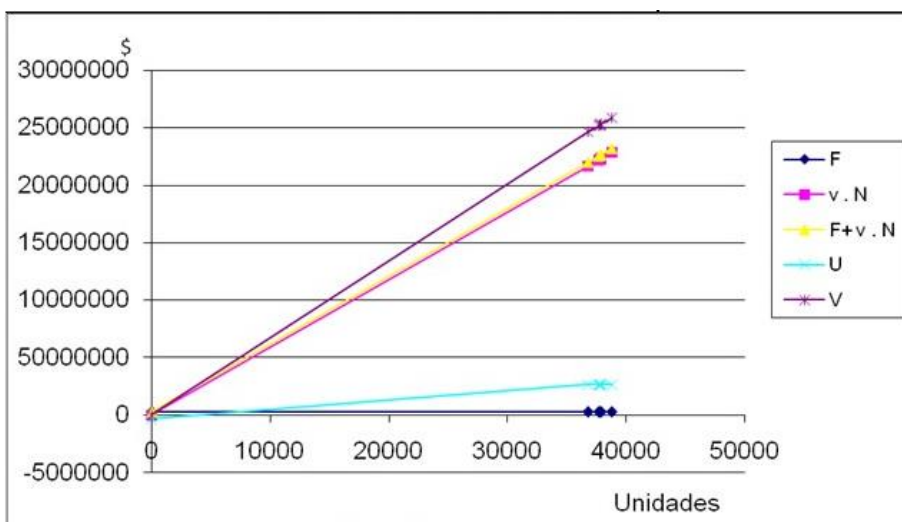


Figura 4 Análisis de utilidades del escenario 3.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Se analizan y sintetizan los resultados para el período de tiempo de la producción, obtenidos en cada una de las simulaciones / escenarios.

Escenario 1:

Puede observarse que, luego de la fabricación del bioetanol por este método y en el escenario 1, se tiene un precio $P = 9315\$/t$ contra el precio del mercado de $X = 11990\$/t$ resultando competitivo por una diferencia de $2675\$/t$.

Se genera una utilidad "U" de $\$211.847.790$ para una producción "N" de $80317 t$ de bioetanol.

Todos estos datos pueden leerse resumidos en la Tabla 5.

Tabla 5 Resumen del Escenario 1.

Escenario	P(\$/t)	X(\$/t)	X-P(\$/t)	U(\$)	N(t)
1	9315	11990	2675	211847,790	80317

Escenario 2:

En este caso, al aumentar la distancia de transporte a 300Km los valores obtenidos se pueden resumir en la Tabla 6.

Tabla 6 Resumen del Escenario 2.

Escenario	P(\$/t)	X(\$/t)	X-P(\$/t)	U(\$)	N(t)
2	9441	11990	2549	192008,074	76519

Escenario 3:

En el último caso de análisis, al aumentar la distancia de transporte a 500Km se obtienen los valores resumidos en la Tabla 7.

Tabla 7 Resumen del Escenario 3.

Escenario	P(\$/t)	X(\$/t)	X-P(\$/t)	U(\$)	N(t)
3	9507	11990	2483	182038,386	74537

Posteriormente al análisis de los datos otorgados por las tablas de cada escenario, se percibe que existe una tendencia, en la que al aumentar la distancia de transporte de la materia prima hasta el punto de producción, se produce una disminución en la utilidad, con reducción en la factibilidad de obtener bioetanol a través del proceso lignocelulósico, ya que aumenta el precio, y es por ello que un proceso fundamental para aplicar este método, incluiría el no dejar de lado la localización de la planta industrial, ya que en materias primas de poco peso específico, y costo, la zona núcleo de ubicación de la empresa será cercana al lugar de donde provienen estas mismas.

4. CONCLUSIONES

El carácter condicionante de los costos del transporte de la materia prima hace que la ubicación de la planta para la producción del bioetanol lignocelulósico, tenga un impacto fuerte en la factibilidad en base a la rentabilidad económica. En este caso particular, la localización geográfica permite el desarrollo agroindustrial en pequeñas comunidades lugareñas, evitando la concentración económica en un solo punto del país, lo que trae desequilibrios regionales y un desaprovechamiento del territorio de la República Argentina, aunque en la misma existe una asignatura pendiente referida a la mejora de las tecnologías e infraestructuras del transporte.

Frente a un análisis presentado en esta publicación, se permite determinar que la ubicación de la planta industrial se debería encontrar en un radio entre 100 y 300 km del punto específico de mayor siembra de maíz, siendo ésta la mejor alternativa analizada desde el punto de vista geoeconómico. En términos generales podemos afirmar que los cálculos realizados confirman la hipótesis planteada en base al modelo matemático elegido con las variables significativas seleccionadas. Dicho modelo nos permite predecir que existe la Factibilidad Económica de la Producción de Bioetanol Lignocelulósico a través del Rastrojo de Maíz.

El bioetanol lignocelulósico tiene una ventaja significativa que es muy importante ya que la materia prima para su obtención, no compite con los agroalimentos que son escasos y forman parte de una de las más grandes preocupaciones a nivel de nuestro país y del mundo.

Finalmente, respecto del objetivo general que se persigue, que es analizar un proceso alternativo de obtención de energía renovable para mejorar el nivel de vida de la población en forma

sustentable, sumando valor agregado a nuestros productos, haciéndolos más competitivos y brindando la oportunidad de trabajo que dignifique a los trabajadores y las economías regionales de nuestro país, se ha podido demostrar que, al menos en términos económicos, el proceso alternativo basado en rastrojos de maíz es viable para la producción de bioetanol.

5. REFERENCIAS.

- [1] Orlandi, L. A. (2017). *Análisis de factibilidad económica de la producción de bioetanol lignocelulósico a partir de una fuente como el rastrojo de maíz y, eventualmente, de sorgo*. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, UNLZ. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/6525>.
- [2] Sun, Y., Cheng, J. (2002). "Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review". *Bioresource Technology* 83, pp 1–11. Elsevier. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=274FE9DE1289596A2AB52E9AB41B4241?doi=10.1.1.470.3174&rep=rep1&type=pdf>
- [3] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Presidencia de la Nación de la República Argentina. https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset?_tags_limit=0
- [4] Perry R. H., Green D. W. (2003). *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Ed. McGraw-Hill.
- [5] Riggs, J. (1999) *Sistemas de Producción: Planeación Análisis y Control*. Ed. Limusa Wiley. México.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, a través de su Decano Dr. Ing. Oscar Manuel Pascal, al Doctor Ingeniero Antonio Arciénaga Morales, Director de Tesis y al Doctor Ingeniero Luis Bertoia Director del Laboratorio NIRS (Espectroscopía de Infrarrojo Cercano) de la Facultad de Ciencias Agrarias perteneciente a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, por su buena predisposición, aportes y sugerencias para la elaboración de este trabajo como así también al alumno becario EVC-CIN Sr. Cristian Martín Michalczuk, por su colaboración en el uso de software específico.

La minería metalífera en Santa Cruz - Su importancia en empleo y desarrollo

Rubén Mario Lurbé; Daniel Alberto Schinelli

UNPA – UARG – ITET y UTN – FRSC
mlurbe@uarg.unpa.edu.ar ruben.lurbe@frsc.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo analiza la minería metalífera en Santa Cruz, estudia el empleo y la importancia relativa de la actividad en la economía provincial.

La característica de finitud temporal de la explotación minera hace que preocupe su impacto en el sostenimiento del empleo, dado que la minería de oro y plata es una importante parte de la generación de empleo privado en Santa Cruz.

En la discusión se analizan aspectos que podrían dar sostenibilidad a la minería metalífera y mejorar su impacto en el desarrollo futuro de la provincia.

Palabras claves: Santa Cruz, Minería metalífera, Empleo, Sostenibilidad.

ABSTRACT

This paper analyzes metal mining in Santa Cruz, studies employment and the relative importance of the activity in the provincial economy.

The characteristic of temporary finiteness of the mining exploitation causes concern about its impact on the maintenance of employment, since gold and silver mining is an important part of the generation of private employment in Santa Cruz.

In the discussion, aspects that could give sustainability to metalliferous mining and improve its impact on the future development of the province are analyzed.

Palabras claves: Santa Cruz, Metalliferous mining, Employment, Sustainability.

1 . INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza los aspectos laborales de la minería metálfera en la provincia de Santa Cruz, evaluando los aportes de la minería al empleo registrado y las posibilidades de crecimiento del mismo.

La característica de finitud temporal de la explotación minera hace que preocupe su impacto en el sostenimiento del empleo, dado que la minería de oro y plata es una importante parte de la generación de empleo privado en Santa Cruz. Veremos su evolución en el tiempo.

1.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Los objetivos del presente trabajo son en general analizar la minería metálfera de la Prov. de Santa Cruz., en general y en particular su importancia en el empleo y su importancia relativa en la actividad económica provincial.

2. EL CONTEXTO

2.1. El contexto geográfico

La minería metálfera en Santa Cruz tiene desarrollo en la zona geológica denominada Macizo del Deseado, en el que existen yacimientos de oro y plata, en distintas proporciones, que han dado lugar a la aparición de una minería metálfera que comenzó con la explotación del yacimiento Cerro Vanguardia, que estableció su base en la localidad de Puerto San Julián.

Con el tiempo han comenzado a desarrollarse tareas de investigación geológica, impulsadas por la provincia de Santa Cruz, que ha generado una empresa minera estatal, Fomicruz S.E., que ha desarrollado un sistema de asociación con el capital privado para poner en producción los yacimientos.

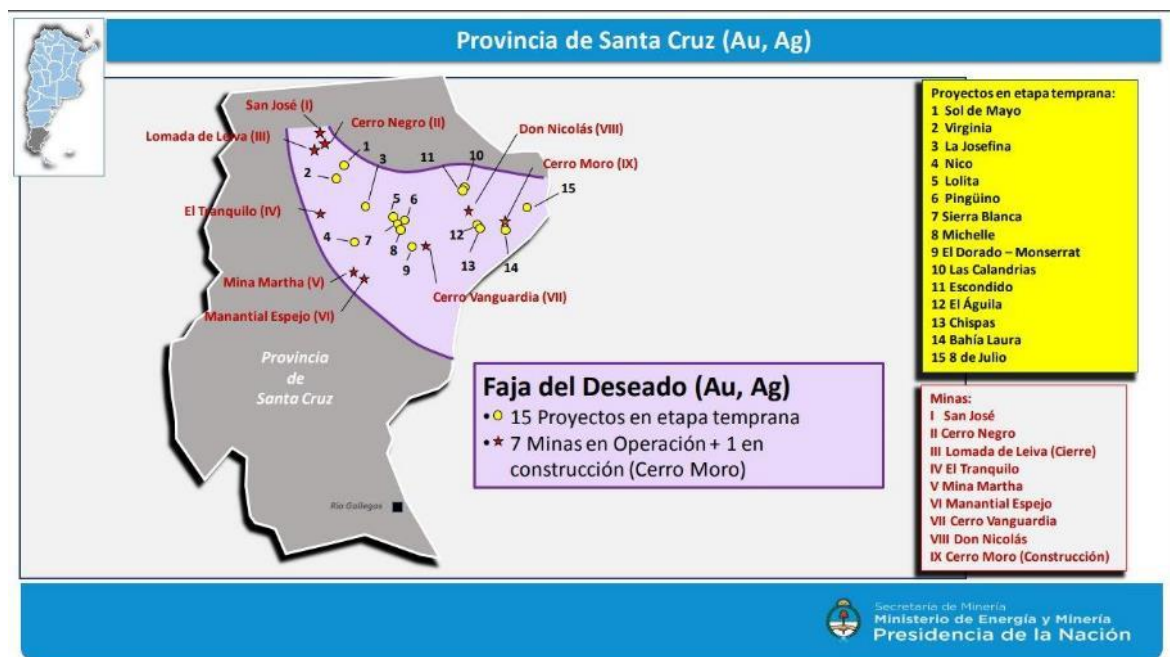


Figura 1 Distribución de los yacimientos de Oro y Plata en Santa Cruz [1]

Como se ve en la Figura 1 la llamada Faja del Deseado, forma parte del Macizo del Deseado y se ubica en la zona centro norte de la provincia de Santa Cruz, las localidades cercanas, sobre las que impacta la actividad de la minería metálfera son:

Puerto Deseado, ubicado sobre la margen norte de la ría del Río homónimo. La ciudad por su condición de portuaria se constituyó en la cuna del desarrollo pesquero santacruceño desde los años 70, cuando comenzó a dejar atrás su perfil ganadero.

Puerto San Julián, sobre la bahía del mismo nombre, es una localidad de histórico perfil ganadero que pasó a ser la cuna de la minería Santacruceña pues desde allí se gestionó y desarrolló Cerro Vanguardia. La localidad contaba antes de la aparición de la minería de oro y plata con cierta experiencia minera asociada a la explotación de caolín.

Gobernador Gregores, la ciudad del centro de la provincia de Santa Cruz, es cercana a las minas de Manantial Espejo y Mina Martha. Esta localidad también se caracterizaba por su producción ganadera, hasta la aparición en los últimos años de los yacimientos mineros mencionados.

Perito Moreno, localidad del noroeste de la provincia, cercana a las nacientes del Río Deseado, comunidad de génesis ganadera, con cierta influencia de la actividad turística por su cercanía a Los Antiguos y a la Cueva de la Manos, marca el límite oeste de la Faja del Deseado.

También están cercanas a la zona, al norte de la misma, las localidades de Pico Truncado y Las Heras, también ambas de origen agropecuario pero que hace ya décadas son asiento de actividades ligadas a la industria del gas y petróleo.

2.2. El contexto histórico

La minería en la provincia de Santa Cruz comenzó a desarrollarse en medio de una crisis ganadera producida por la erupción del volcán Hudson, y aparece como sustitución de empleos en la zona centro de la provincia, la más afectada por la crisis mencionada. Ello generó en sus inicios un alto grado de aceptación por parte de la población local.

“Lo cierto es que el marco legal minero de Santa Cruz generó condiciones para el avance de la actividad sobre la Meseta Central y la idea del espacio improductivo y desértico justificó dicho avance. La provincia de Santa Cruz adhirió a lo establecido en la reforma legal nacional de los años noventa (Ley 2332/1993), introduciendo restricciones espaciales desde el año 2002 que derivaron en la creación de un «Área de Interés Especial Minero» (Ley 3.105/2009 reglamentada por el decreto 1.327/2012).”[2]

Este marco legal generó una fuerte corriente de inversiones de exploración en la zona de interés que fue generando proyectos de minería y que a principios del presente siglo contaba con los siguientes proyectos en explotación y exploración. [3]:

“Cerro Vanguardia, ubicada en el centro-este de la meseta de Santa Cruz, la más cercana al Puerto San Julián, distante a 150 km del yacimiento.

Es una mina de oro y plata a cielo abierto con utilización de cianuro. Se comenzó a construir en 1997 y la extracción se inició un año después. Según se prevé actualmente, su vida útil se extenderá hasta 2027. La mina comprende 514 km² y es la principal fuente de extracción de metales preciosos del país. Es propiedad de Anglo Gold Ashanti (consorcio británico y sudafricano), con participación minoritaria del Estado provincial. Merece destacarse que, a la fecha, la empresa realiza explotación subterránea, además de superficial, incorporando tecnologías de recuperación de mineral de los estériles que le permiten alargar la vida del emprendimiento.

Manantial Espejo, yacimiento minero de oro y plata propiedad de Minera Tritón Argentina SA, cuyas acciones están 100% en manos de Pan American Silver Corp. (de capitales canadienses). La mina se encuentra ubicada también en la meseta de Santa Cruz, al oeste de San Julián, sobre la ruta 25 y a 50 km al este de Gobernador Gregores. Desde el año 1993 se estuvieron realizando tareas de prospección y exploración y para marzo de 2006 ya estaba terminado el estudio de factibilidad final. De acuerdo con estas evaluaciones y aprobado ya el estudio de impacto ambiental, se preveía el inicio de la extracción para el año 2008. En enero de 2009 se anunció el comienzo de la producción de bullón doré. Los estudios determinaron que las reservas serían de unas 4.000 toneladas de concentrados, pudiéndose obtener 264 gramos de plata por tonelada y 4,5 gramos de oro. Al igual que en muchos otros emprendimientos, la metodología a utilizar es la extracción a cielo abierto y posterior lixiviación con cianuro.

San José-Huevos Verdes, es un emprendimiento minero de oro y plata propiedad de Minera Santa Cruz SA, empresa integrada con capitales de Minera Andes (canadiense) y Hoschschild y Cia SA (peruana). Está ubicado en el noroeste de la Provincia de Santa Cruz, a 120 km al oeste de Las Heras y a unos 50 km al este de Perito Moreno. Está prevista una extracción anual de 61.000 onzas de oro y de 3.400.000 onzas de plata. Las 750 toneladas diarias de material serán tratadas por el método de lixiviación con cianuro de sodio para la separación del oro y la plata. Se encuentra peligrosamente cerca de la confluencia de los ríos Pintura y Deseado, en el primero de los cuales se hallan las Cuevas de las Manos, declaradas Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

Mina Martha: este emprendimiento se encuentra ubicado en la región del centro santacruceño, en plena meseta, cerca de la localidad de Gobernador Gregores. Actualmente está en plena etapa de explotación de plata y subsidiariamente de oro,

cuya presencia es notablemente menor. En la Argentina, la compañía minera Polimet SA es la encargada de representar los intereses de Coeur d'Alene Mines Corporation ("Coeur"), minera estadounidense que explota el yacimiento.

Lomada de Leiva, según declaraciones del gerente de Patagonia Gold, Diego Bauret, a La Opinión Austral (18/07/12), a fines de 2012 entrará en producción el yacimiento de oro, ubicado a 45 km de Perito Moreno. La primera etapa del proyecto Lomada consiste en la construcción de una plataforma para la prueba metalúrgica de lixiviación en pilas de 50.000 toneladas, que, sobre la base de una recuperación del 70%, se estima que rendirá aproximadamente 2.200 onzas de oro para la primera pila de 6 metros. Se intentará obtener 20.000 onzas de oro al año y, con esta escala, se calcula una vida útil de 5 años. La empresa prevé que en el marco coyuntural del precio actual del oro –año 2012– obtendrá financiamiento directo para el resto de los yacimientos que se encuentran en la zona. Su construcción comenzó a fines de septiembre de 2010.

Al año 2019 los proyectos en Santa Cruz son los siguientes, según el Ministerio de Energía y Minería de la Nación:

Provincia de Santa Cruz (Au, Ag)							
Proyecto	Commodity	Tipo yacimiento	Faja Metalogénica	Edad	Estilo Alteración	Leyes	
Faja Del Deseado (Au, Ag) Incluye: 7 minas en operación: San José, Cerro Negro, El Tranquilo, Mina Martha, Manantial Espejo, Cerro Vanguardia, Don Nicolás y una mina en construcción: Cerro Moro	Sol de Mayo	Au-Ag	Epit Baja Sulf	Faja del Deseado	Jur-Cret	Sil, Kaol	Au: <1 g/t
	Bahía Laura	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		
	El Águila	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		
	Pingüino	Ag-Au	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Ag: 65,3-103,4 g/t; Au: 0,58-0,66 g/t
	Las Calandrias	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Kaol	Au: 2,1-78 g/t; Ag: 39-102 g/t
	Michelle	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 1 g/t (5 g/t); Ag: 30 g/t (1.460 g/t)
	Chispas	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil	Au: 2,61-21,5 g/t; Ag: 2,6-650 g/t
	Escondido	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 0,4-2,45 g/t; Ag: 2,46-12,19 g/t
	La Josefina	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg, Ser	Au: 1,39 g/t (Máx: 90 g/t Au)
	Dorado Monserrat	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg, Prop	Au: 6,2 g/t; Ag: 133 g/t
	8 de Julio	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Au: <12 g/t
	Virginia	Ag	Epit Interm Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Ag: 50-1.084 g/t
	Nico	Au-Ag	Epit Interm Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Au: 0,5-35,09 g/t; Ag: 30-900 g/t
	Sierra Blanca	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 2,2-9,5 g/t; Ag: 101-635 g/t
Lolita	Au-Ag	Epit Baja Sulf	Jur-Cret	Sil	Hg: 62.879 ppb; As: 2.827 ppm; Sb: 256 ppm		

Figura 2 Proyectos en Santa Cruz año 2019 [1]

Esta información pone de manifiesto el crecimiento de la actividad minera de oro y plata en la provincia de Santa Cruz.

3. IMPORTANCIA DE LA MINERÍA METALÍFERA.

Lurbé [3] establece que a 2011 los empleos directos en la minería en santa cruz llegaban a 3618, contando las minas en explotación y los proyectos mineros en distintos estados de desarrollo de los cuales 1745 eran trabajadores con residencia en la provincia de Santa Cruz.

Yacimiento minero	Localidad más cercana	Etapas	Empleos directos a diciembre de 2011	Empleos locales --residentes en la provincia-- último mes
Cerro Vanguardia	San Julián	Producción	1.050	816
Manantial Espejo	Gob. Gregores	Producción	640	380
Mina Martha	Gob. Gregores	Producción	75	30
San José (Huevos Verdes)	Perito Moreno	Producción	1.100	280
Cerro Negro	Perito Moreno	Factibilidad-EIA	205	64
Cerro Moro	Puerto Deseado	Factibilidad-EIA	83	52
Patagonia Gold (Varios)	Perito Moreno	Factibilidad-EIA	80	33
Proyecto La Josefina - Cerro Cazador SA	Macizo Deseado	Exploración	35	10
Otros en exploración (9 empresas)	Macizo Deseado	Exploración	350	80
Total Santa Cruz			3.618	1.745

Tabla 1 Empleos mineros den Santa Cruz 2011 [3]

La minería metalífera, especialmente la de oro y plata en el macizo del Deseado tiene entre sus características salientes que los yacimientos son pequeños, y que su explotación enfrenta un corto horizonte temporal, por lo tanto para mantener el nivel de empleo los proyectos debieran encadenarse temporalmente.

Esto último no siempre es posible pues la lógica de maximización de beneficios no necesariamente permite este grado de coordinación entre las diferentes empresas, cuyo timing de inversiones responde principalmente a la lógica del mercado internacional de los metales preciosos, sin tomar en cuenta muchas veces a las necesidades de desarrollo regional.

Según el INDEC, Censo nacional a la actividad minera 2017 [4], la actividad genera en Santa cruz 7600 empleos directos y 4500 indirectos en los yacimientos en explotación. A ello deben agregarse los empleos indirectos provenientes de proveedores de la actividad, generalmente de nivel nacional y no necesariamente residentes en la Provincia.

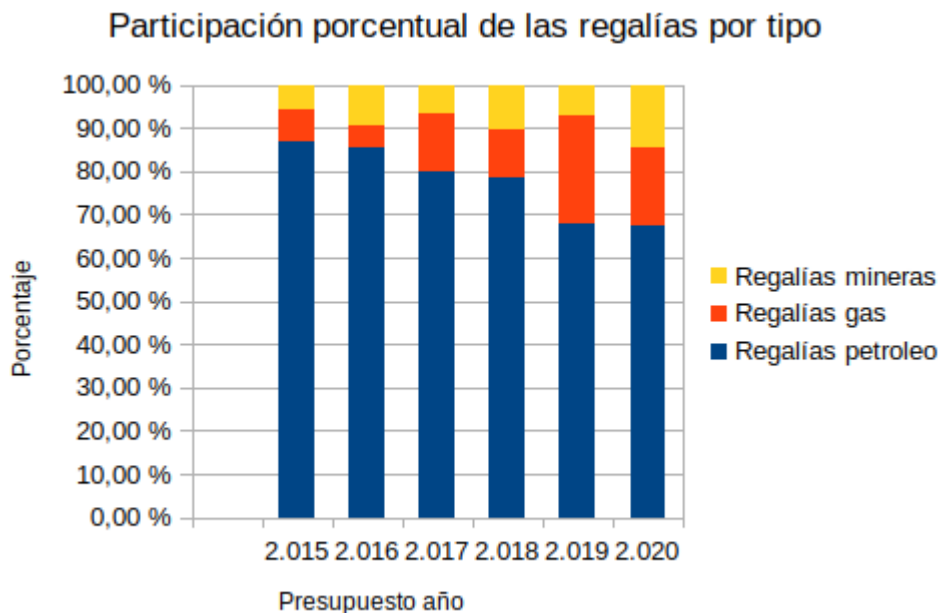
Esto último importa un crecimiento del 110% en el período 2011 - 2017

Para el año 2018 y de acuerdo a información de la Cámara Argentina de Empresas Mineras en el año 2018 las exportaciones mineras de Santa cruz quintuplicaron a las de petróleo y cuadruplicaron a las de pescados y mariscos, alcanzando los 1600 millones de dólares.



Figura 3: Exportaciones de Santa Cruz en el año 2018 [5]

La creciente importancia de la minería en la provincia de Santa Cruz se advierte claramente en el crecimiento de la participación de las regalías mineras en el total de lo percibido por ese concepto por la Provincia de Santa Cruz.



Cuadro 1: Participación porcentual de las regalías por tipo [6]

3.1. Impacto del empleo minero en el impuesto de ingresos brutos

La provincia de Santa Cruz, cuenta como recurso tributario propio con la recaudación del impuesto a los Ingresos Brutos.

Si bien la exportación de los minerales se encuentra exenta de dicho tributo, la provincia cobra el impuesto sobre los ingresos de las empresas prestadoras de servicios a las mineras.

Siendo el salario promedio que paga la minería cercano a los 100.000 pesos por trabajador para el año 2019, el efecto multiplicador para la recaudación que tiene el consumo de los mineros es importante ya que representa un ingreso de 1.210.000.000 de pesos de 2019, lo que genera transacciones que son pasibles de ser afectadas por los impuestos provinciales. Tomando un multiplicador de 5, o sea una propensión marginal al consumo de 0,8, representaría transacciones por 6.000 millones de pesos que pueden aportar 180 millones de pesos en ingresos brutos.

Los ingresos fiscales que produce la minería metalífera según el Documento de trabajo de la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM) de Julio de 2012: “ Dimensionamiento del Aporte Económico de la Minería en Argentina,” [7] se pueden atribuir de la siguiente manera en relación con los ingresos provinciales: “En términos desagregados, los aportes a entes públicos se ubican en primera posición en tanto alcanzan el 4,3% y 3% del Valor Agregado (VA) y Valor Bruto de Producción (VBP, que es igual a la sumatoria de la cantidad producida de cada mineral multiplicada por su precio promedio anual) respectivamente; los aportes fiscales el 3,5 % y 2,4%; y las contribuciones a los fondos fiduciarios el 0,2%.”

Desde la fecha de la publicación se ha creado el fondo fiduciario en Santa Cruz y se ha acordado elevar la alícuota de las regalías al 3% del valor de venta, con lo cual se puede estimar que los aportes fiscales aumenten del 2,4% mencionado anteriormente al 3,1 % (Incluyendo cánones y derechos). A su vez las contribuciones a fondos fiduciarios se elevarían al 1,5%, con lo que resultaría un aporte fiscal del orden del 7,6% del VBP.

A estos debiéramos sumar el ingreso generado por el consumo de los asalariados que en párrafos anteriores estimamos en 180 millones de pesos de 2018 con lo que podríamos hablar de un aporte de 315 millones de pesos

4. CONCLUSIÓN:

Las principales actividades económicas de la provincia de Santa Cruz son de carácter extractivista, están basados en la exportación de bienes primarios sin procesos de transformación o escaso grado de industrialización.

La minería metalífera ha ido ganando participación en los ingresos provinciales, si la comparamos con las regalías hidrocarburíferas que han ido cayendo relativamente, por maduración de los yacimientos y escasez de incentivos para la inversión en exploración, para aumentar las reservas. La provincia tiene un muy alto porcentaje del gasto destinado a gastos corrientes de escasa elasticidad. La minería en su actividad no representa aún un gran aporte al Presupuesto Provincial pero se ha constituido en un importante generador de empleo de calidad. Este empleo tiene un horizonte temporal acotado por la finitud de la explotación, que hace que los yacimientos se agoten y entonces es preciso que se desarrollen nuevos proyectos para mantener y quizás incrementar el nivel de empleo actual.

La posibilidad de apertura de minas depende de las condiciones geológicas, nivel y espesor del manto, ley de los minerales, de las condiciones económicas, aunque estas son de relativa importancia dada la alta volatilidad de los mercados de oro y plata.

Para mantener el nivel de empleo y permitir a las empresas mineras realizar inversiones que den sostenibilidad al proyecto, el diseño y construcción de una red eléctrica que permita a las mineras ser compradores de energía eléctrica en lugar de proveerse su propia energía sería muy importante. Ello generaría una reducción de costos que podrían poner en condiciones de explotación a yacimientos que generando su propia energía no podrían hacerlo.

Esta red sería susceptible de dar lugar a inversiones en energía eólica que mejoren la generación local y justifiquen la inversión en la red.

La presencia de energía a su vez podría ser utilizada para bombear agua subterránea para mejorar la producción agrícola ganadera en la región, la que se encuentra desaprovechada debido a la alta cantidad de campos despoblados. Muchos de esos campos en los que hay declaradas manifestaciones mineras han sido comprados por las empresas mineras para evitar conflictos con los propietarios superficiarios. Esto último ha generado que buena parte de la tierra en la región se haya sustraído a la producción agropecuaria sin aprovechar su potencialidad productiva en superficie.

La sostenibilidad de la economía provincial exige que al menos una parte de los ingresos de la minería y el resto de las actividades primarias, que tienen un horizonte temporal acotado, puedan aplicarse a la transformación de la economía de Santa Cruz mediante la generación de condiciones para el desarrollo de actividades que generen empleo y riqueza dentro de parámetros de sustentabilidad ambiental.

Santa Cruz cuenta también con un área cordillerana de fuerte potencialidad, actualmente dedicada principalmente a la actividad agropecuaria, pero con un desarrollo creciente de la actividad turística que podría permitir alcanzar nuevos grados de desarrollo y empleo.

Cabe mencionar además al proyecto Pampa Azul, que presenta como objetivo la puesta en valor de los abundantes recursos marítimos y perimarítimos del gran litoral que posee la región.

5. REFERENCIAS:

- [1] Ministerio de Energía y Minería Secretaría de Desarrollo Minero (2018). Oportunidades para la exploración en Argentina Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/oportunidades_para_exploracion_en_argentina_0.pdf
- [2] Vázquez, Alberto Daniel (2019) Transformaciones territoriales en la Patagonia ovejera: movilidades, valorizaciones y fragmentación rural, disponible en <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4605>
- [3] Lurbé, Rubén Mario (2012) Minería metalífera en Santa Cruz: Empleo y matriz productiva. *Revista de estudios regionales y mercado de trabajo*, (8): 57-76. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5586/pr.5586.pdf
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Censos - I.N.D.E.C. Censo Nacional a la Actividad Minera. CeNAM-17: resultados estadísticos 2016. - 1a Ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC, 2018. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-896-518-9
- [5] CAEM (2019) Minería Argentina – Todas las Respuestas – Aspectos económicos. Disponible en <https://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/2019/11/Miner%C3%ADa-Argentina-Todas-las-Respuestas-Aspectos-Econ%C3%B3micos-2.pdf>
- [6] Provincia de Santa Cruz. Ley 3451, Ley 3473, Ley 3526, Ley 3590, Ley 3633, Ley 3681.
- [7] ABECEB (2012) Dimensionamiento del Aporte Económico de la Minería en Argentina. Disponible en http://miningpress.com/media/briefs/abeceb_15.pdf
- [8] Gómez, Juan & Magnin, Lucia. (2008). Cartografía geomorfológica aplicada a un sector de interés arqueológico en el Macizo del Deseado, Santa Cruz (Patagonia Argentina). *Investigaciones Geográficas*.
- [9] Ministerio de Hacienda. Secretaría de Política Económica Subsecretaría de Programación Microeconómica (SSPMicro) INFORMES PRODUCTIVOS PROVINCIALES AÑO 3 - N 18 ISSN 2525-023X
- [10] Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social (2020) Provincia de Santa Cruz. Informe de diagnóstico Laboral. Disponible en http://trabajo.gob.ar/downloads/estadisticas/informesprovinciales/InfDiagLab_202001ENE_SantaCruz.pdf
- [11] Municipalidad de Puerto San Julián. Ordenanza n.º 3339 Presupuesto año 2018

Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNPA UARG, en la que está radicado el proyecto PI 29/A447 Estructura Productiva en Santa Cruz. Cambios y Continuidades del que son director y codirector y en cuyo marco se realizó el presente trabajo. También agradece a la Facultad Regional Santa Cruz de la UTN, que alienta y colabora con el trabajo.

Caracterización espacial de clústeres productivos como estrategia de activación de las ZEE en México

Ruvalcaba-Sánchez, Ma. Loecelia; Cid-García, Néstor Miguel*

CONACYT-CentroGeo, Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial.
Contoy 137, Col. Lomas de Padierna, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14240. Ciudad de México, México.
lruvalcaba@centrogeo.edu.mx, ncid@centrogeo.edu.mx*

RESUMEN.

Las Zonas Económicas Especiales (ZEE) son áreas geográficamente delimitadas al interior de un país en donde el régimen regulatorio es distinto al resto de la economía. Se establecen con la intención de atraer Inversión Extranjera Directa, aliviar el desempleo a gran escala, desarrollar y diversificar su economía y exportaciones o como laboratorios experimentales para la aplicación de nuevas políticas y enfoques. A diferencia de los parques industriales, las ZEE buscan fomentar la agrupación activa y atraer negocios asociados a industrias de alta tecnología. México decretó, en su pasada Administración Federal, siete ZEE en la región más pobre del país para reducir las brechas de pobreza entre el Sur-Sureste y el resto del país, predefiniendo sus áreas de influencia y vocaciones productivas, sin embargo, la inversión extranjera no se interesó y las ZEE no prosperaron. En esta investigación se hace una caracterización espacial de las capacidades productivas del sector primario, de los sectores secundario y terciario, y del capital humano de las ZEE y sus áreas de influencia a fin de identificar sus verdaderas vocaciones productivas desde una perspectiva de clústeres productivos. Los hallazgos permiten hacer una reflexión en torno a las fallas de la política pública original y su abordaje operativo e identificar áreas de oportunidad para estos territorios desde la perspectiva del desarrollo regional.

Palabras Claves: Zonas Económicas Especiales, área de influencia, vocaciones productivas, clústeres productivos.

ABSTRACT

Special Economic Zones (SEZs) are geographically delimited areas within a country where the regulatory regime is different from the rest of the economy. They look for attracting Foreign Direct Investment, alleviating large-scale unemployment, developing, diversifying exports, or as experimental laboratories to apply new policies and approaches. Unlike industrial parks, SEZs seek to encourage active clustering and attract businesses associated with high-tech industries. In the last Federal Administration, Mexico decreed seven SEZs in the most impoverished region. The objective was to reduce the poverty gaps between the South-Southeast and the other areas, predefining their influence areas and productive vocations. However, investment foreigner was not interested, and the SEZs did not prosper. In this research, we made a spatial characterization of the productive capacities of the primary, secondary, and tertiary sectors; and the human capital in the SEZs and their influence areas to identify their true productive vocations using a cluster perspective. The findings allow us to reflect on the failures of the original public policy and its operational approach and identify opportunity areas for these territories from regional development.

Keywords: Special Economic Zones, areas of influence, productive vocations, productive clusters.

1. INTRODUCCIÓN

Las Zonas Económicas Especiales (ZEE) son áreas geográficas delimitadas dentro de las fronteras nacionales de un país donde las reglas del negocio son diferentes a las que prevalecen en el resto del territorio. Son usadas como una herramienta de comercio, inversión y de política industrial espacial que coadyuvan a la superación de barreras que impiden el desarrollo debido, entre otras cosas, a políticas restrictivas, falta de gobernabilidad, infraestructura inadecuada y problemas de acceso a la propiedad [1]. En ellas se ofrece a los inversionistas: 1) un entorno aduanero especial; 2) infraestructura de apoyo fácil de acceder y confiable; y 3) una gama de incentivos fiscales que incluyen exoneración o reducción de impuestos corporativos y un entorno administrativo mejorado [2].

Como cualquier política pública las ZEE representan beneficios y costos. Los beneficios son estáticos y dinámicos. Los estáticos son bastante simples e incluyen la creación de empleo y la generación de ingreso, crecimiento y diversificación de las exportaciones, ingreso de divisas, Inversión Extranjera Directa (IED), e ingresos gubernamentales. Los dinámicos son más duros de medir y consideran, entre otros, la creación de empleo indirecto, mejora de las capacidades, empleo femenino, transferencia de tecnología, y el desarrollo regional. Entre los costos se incluyen los salarios de los trabajadores de gobierno en la autoridad de las zonas y otros gastos operativos, el desarrollo de infraestructura, derechos de importación y cargos derivados de los productos libres de impuestos, y los impuestos no percibidos de las zonas que se trasladan desde el territorio aduanero nacional a la zona [3].

Las ZEE son ampliamente utilizadas tanto en economías desarrolladas como en desarrollo, a grado tal, que en 2019 había alrededor de 5400 zonas en más de 140 economías, de las cuales alrededor de 4000 fueron creadas en los últimos cinco años y más de 500 se encontraban en proceso de planeación [2]. Su importancia económica y objetivo político varía en función del nivel de desarrollo de las economías que las implementan. En las economías desarrolladas la mayoría son libres de aduanas buscando dar alivio a los aranceles y a la carga administrativa asociada a los procedimientos aduaneros. En contraste, las economías en desarrollo las utilizan para atraer IED, aliviar el desempleo a gran escala, desarrollar y diversificar su economía y sus exportaciones o como laboratorios experimentales para la aplicación de nuevas políticas y enfoques [3].

En México, las ZEE fueron una medida impulsada por el Estado, entre 2016 y 2019, para disminuir las brechas de desigualdad regional e impulsar un desarrollo equilibrado, sostenido, sustentable e incluyente [4]. Sin embargo y pese a los grandes esfuerzos que derivaron en la promulgación de la Ley Federal de Zonas Económicas Especiales [5] y su Reglamento [6], la creación de una Autoridad Federal para el desarrollo de ZEE [7] y el decreto de siete ZEE en la región Sur-Sureste del país [8-14] estas no prosperaron [15]. Con la intención de identificar estrategias que contribuyan a la detonación del desarrollo regional de los territorios que buscaban ser beneficiados con esta iniciativa, en esta investigación se hace una caracterización espacial de las capacidades productivas del sector primario, de los sectores secundario y terciario y del capital humano disponible en los polígonos en donde se establecerían las ZEE y sus áreas de influencia a fin de identificar sus verdaderas vocaciones productivas desde una perspectiva de clústeres productivos.

2. LAS ZONAS ECONOMICAS ESPECIALES DE MEXICO

A mediados de 2016 el gobierno mexicano promulgó la Ley Federal de Zonas Económicas Especiales (LFZEE). En ella definió una Zona como el “área geográfica del territorio nacional, determinada en forma unitaria o por secciones... en la cual se podrán realizar, de manera enunciativa y no limitativa, actividades de manufactura, agroindustria, procesamiento, transformación y almacenamiento de materias primas e insumos; innovación y desarrollo científico y tecnológico; prestación de servicios de soporte... así como la introducción de mercancías para tales efectos”. Se establecen como criterios y consideraciones para su establecimiento: 1) ubicarse en alguno de los diez estados del país con mayor incidencia de pobreza extrema; 2) contar con una ubicación estratégica para el desarrollo de la actividad productiva con acceso a infraestructura de conectividad con mercados nacionales e internacionales; 3) prever la instalación de sectores productivos acorde a sus ventajas comparativas y vocación productiva presente o potencial; e 4) integrar al menos un municipio y tener una población conjunta de entre 50 mil y 500 mil habitantes. Asimismo, se introduce el concepto de Área de Influencia (AI), el cual es definido como “las poblaciones urbanas y rurales aledañas a la zona, susceptibles de percibir los beneficios

económicos, sociales y tecnológicos... derivados de las actividades... donde además se apoyará el desarrollo de servicios logísticos, financieros, turísticos... que sean complementarios a las actividades económicas de la zona” [5]. Ese mismo año se publica el Reglamento de la LFZEE [6] y se crea la Autoridad Federal para el Desarrollo de las ZEE encargada de elaborar los proyectos de Decreto de las ZEE y ser el enlace entre autoridades de los tres órganos de gobierno, administradores integrales e inversionistas [7].

El 29 de septiembre de 2017 se declararon las ZEE de Puerto Chiapas, ubicada en Tapachula Chiapas, con vocación en los sectores agroindustrial, autopartes, pulpa y papel, y eléctrica-electrónica [8]; Coatzacoalcos ubicada en los municipios de Coatzacoalcos, Ixhuatlán del Sureste y Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río en Veracruz, con vocación agroindustrial, pulpa y papel, y química-petroquímica [9]; y Lázaro Cárdenas-La Unión en el límite entre el estado de Michoacán y Guerrero, sobre el Río Balsas, orientada a los sectores de agroindustria, automotriz, siderúrgica, y metal-mecánica [10]. El 19 de diciembre de ese mismo año se publicaron los decretos de las ZEE de Progreso ubicada el municipio de Progreso, Yucatán y orientada a las Tecnologías de Información (TIC) [11]; y Salina Cruz ubicada en el municipio de Salina Cruz, Oaxaca y orientada a la agroindustria, eléctrica-electrónica, maquinaria y equipo, metal-mecánica [12]. Finalmente, el 18 de abril de 2018 se decretan las ZEE de Campeche ubicada en el municipio de Champotón, Campeche y orientada a la agroindustria y química-petroquímica [13]; y Tabasco, ubicada en el municipio de Paraíso, Tabasco y con vocación productiva agroindustrial, maquinaria y equipo, y química-petroquímica [14]. La Figura 1, muestra la ubicación y área de influencia de las ZEE.

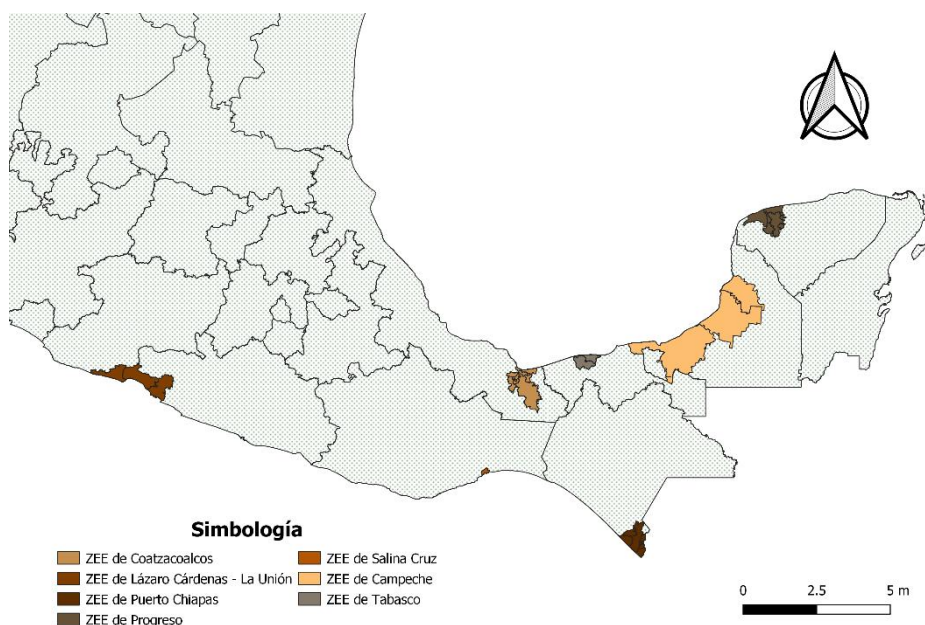


Figura 1. Ubicación y áreas de influencia de las ZEE de México.

Puesto que la presencia de condiciones de pobreza extrema fue definida como una condición para el decreto de ZEE en México, en la Tabla 1 podemos ver que estas y sus AI quedaron circunscritas en municipios cuyos rangos porcentuales de pobreza y pobreza extrema oscilan entre 22.94 a 76.50 y 1.8 y 29.95, respectivamente [16]; el Índice de Progreso Social (IPS), creado por el Social Progress Imperative y definido como “la capacidad de una sociedad para satisfacer las necesidades humanas básicas de sus miembros, proporcionarles elementos para que puedan mejorar la calidad de sus vidas y crear las condiciones para que todos puedan desarrollar su potencial” presenta valores que lo definen como bajo, medio bajo y medio alto. El IPS se mide a través de tres dimensiones que agrupan doce componentes e integran una serie de variables muy específicas: 1) Necesidades básica, que presenta valores entre 86.40 y 96.47, considerados como muy altos; 2) Fundamentos de bienestar, con valores entre 50.52 y 75.58, que abarcan el espectro de bajos a muy altos; y 3) Oportunidades, con valores entre 30.56 y 58.52, que son considerados entre muy bajos y medio bajos [17-19].

Por ello y a fin de extender los beneficios de las ZEE a los trabajadores y a sus familias, cada ZEE definió un Programa de Desarrollo y una Ventanilla Única que permitiría ampliar la propuesta de valor más allá de los incentivos fiscales y facilidades de comercio exterior a través de: 1) acciones

de ordenamiento territorial, desarrollo y equipamiento urbano; 2) obras de infraestructura de transporte, comunicaciones, logística, etc.; 3) fortalecimiento del capital humano; 4) provisión de servicio de soporte a la inversión; 5) promoción de encadenamientos productivos de pequeñas y medianas empresas; 6) acciones de innovación, desarrollo y transferencia de tecnología; 7) apoyo al financiamiento productivo; 8) mecanismos de coordinación de la Administración Portuaria Integral; 9) medidas de sustentabilidad, protección y preservación del medio ambiente; y 10) fortalecimiento de la seguridad pública [4].

Tabla 1. Condiciones de pobreza e Índice de progreso Social de AI de las ZEE. Elaboración propia con datos de [16] y [19]

ZEE	Valor	Pobrez a (%)	Pobrez a extrem a (%)	IPS	Necesidade s básicas	Fundamento s de bienestar	Oportunidade s
Puerto Chiapas	Mínim o	54.40	12.03	52.00	86.95	50.32	30.56
	Máxim o	73.71	29.95	64.47	93.43	63.27	45.88
Coatzacoalcos	Mínim o	33.33	3.80	55.11	87.73	57.82	31.76
	Máxim o	76.50	22.82	69.97	95.00	72.93	52.27
Lázaro Cárdenas - La Unión	Mínim o	36.74	5.09	53.93	86.40	54.92	33.05
	Máxim o	59.66	16.78	66.11	93.55	69.32	43.97
Progreso	Mínim o	22.94	1.80	60.42	89.28	59.04	41.84
	Máxim o	56.69	10.29	74.72	96.47	75.58	58.25
Salina Cruz	Valor	40.28	4.53	68.54	93.37	68.97	50.01
Campeche	Mínim o	29.04	2.76	60.26	90.55	58.82	41.04
	Máxim o	57.26	10.39	73.67	94.07	72.64	58.52
Tabasco	Mínim o	39.28	5.28	63.57	90.52	60.98	46.55
	Máxim o	48.89	9.07	66.82	93.58	65.39	48.75

La meta era que las ZEE empezaran a operar en 2018, sin embargo, ese día nunca llegó y en noviembre de 2019, la nueva administración federal emitió un decreto mediante el cual se abrogaron las siete declaratorias de ZEE [15].

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

Uno de los grandes desafíos de las economías locales es poder insertarse de forma competitiva en lo global capitalizando sus capacidades locales y regionales. Esto implica: 1) reconocer al territorio no solo como un marco físico, sino como un entorno en donde se fraguan relaciones sociales y económicas, un contexto con una cultura y otros rasgos locales únicos, una plataforma en la que hombres y empresas se relacionan, un marco donde las instituciones públicas y privadas interactúan para regular a la sociedad, y un factor estratégico de oportunidades para el desarrollo; 2) entender que los procesos de desarrollo local emergen desde el territorio en la medida en que existen desarrolladas o se pueden desarrollar capacidades; 3) revalorizar los recursos locales y buscar una utilización óptima de su potencial. El desafío es ser capaz de movilizar las potencialidades existentes [20].

En este sentido, las AI de las ZEE pretendieron construirse desde una perspectiva de región, entendida como la suma de áreas, con características culturales y bióticas semejantes interrelacionadas y dependientes de un mismo núcleo de servicio central de mayor jerarquía. Lo importante es determinar si dichas influencias respondían a las demandas del mercado externo para garantizar su competitividad [21]. Entendiendo la competitividad como “la capacidad de un país para sostener y expandir su participación en los mercados internacionales y elevar simultáneamente el nivel de vida de su población. Lo que exige el incremento de la productividad y por ende la incorporación de progreso técnico” [22].

El reto consiste entonces en tomar las medidas necesarias para elevar la competitividad de un país o una región a partir de su microeconomía, lo cual puede lograrse mediante el incremento de la innovación y competencia entre empresas. La competencia entre empresas gira en torno a cuatro dimensiones o ventajas competitivas: 1) condiciones de la demanda, que preferentemente deberá ser sofisticada y especializada; 2) sectores afines o auxiliares, es decir, la estructura de las cadenas productivas; 3) condiciones de los factores asociados con la presencia de insumos especializados (capital humano, infraestructura, recursos naturales, ciencia, entre otros); y 4) estrategia, estructura y rivalidad de las empresas, es decir, un contexto que promueva la mejora continua y la inversión sostenida [23].

Estas cuatro dimensiones están relacionadas entre sí y entre más fuertes sean sus lazos e interacciones, mayor será el grado de competitividad de las empresas y las regiones. Los clústeres industriales, entendidos como la agrupación de empresas e instituciones interconectadas que actúan en determinado campo, están ampliamente ligados a este esquema de desarrollo y posicionamiento competitivo [20]. Los clústeres afectan a la competencia en tres formas: 1) aumentan la productividad de las compañías con base en el área; 2) conducen la dirección y el paso de la innovación que sostiene el crecimiento futuro de la productividad; y 3) estimulan la formación de nuevos negocios que amplían y fortalecen el clúster. Aunque, la sofisticación de la competencia y las relaciones está influenciada por la calidad del medio ambiente comercial y local, formar parte de un clúster les permite a las compañías, entre otras cosas, mejorar su acceso a empleados y proveedores; acceder a información especializada; complementarse; acceder a instituciones y bienes públicos, y mejorar su motivación y medición [24].

4. METODOLOGÍA

México utiliza el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) como base para la generación de las estadísticas económicas, lo que facilita la homologación de dicha información con la región de América del Norte. Por lo tanto, en esta investigación se utilizó la metodología desarrollada y el esquema de clasificación de actividades económicas propuesto por [25] en el Proyecto de Mapeo de Clústeres de Estados Unidos de América, utilizado por gobiernos, desarrolladores económicos y empresas para comprender y dar forma al panorama competitivo para una amplia gama de industrias.

La metodología agrupa 778 industrias SCIAN de seis dígitos en 51 categorías de grupos negociados, y 310 industrias SCIAN en 16 categorías de grupos locales, todas mutuamente excluyentes, a partir de un algoritmo de agrupamiento que evaluó la calidad de conjuntos alternativos de definiciones de conglomerados y capturó múltiples tipos de vínculos entre industrias. Los resultados obtenidos a partir del algoritmo fueron validados por un grupo de expertos y sometidos a un ajuste de grupos individuales en búsqueda de la mejor configuración que permitió determinar un conjunto final de definiciones de grupos. El mapeo de conglomerados resultante está diseñado para permitir una comparación sistemática entre regiones. Debido a que las definiciones de clúster están diseñadas para ser puntos de referencia, son más útiles cuando se analizan regiones que cuando se analiza solo una [25].

En esta investigación se utilizó esta metodología para identificar los clústeres presentes en las siete ZEE de México y sus AI. Para ello se empleó información pública georreferenciada entre la que destaca el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2020, el marco geoestadístico nacional, la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2020, la red nacional de caminos, puertos, aeropuertos, red y estaciones ferroviarias, y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) [26-27].

Los datos fueron filtrados, limpiados y pre-procesados en una hoja de cálculo para ser utilizados posteriormente en un Sistema de Información Geográfica abierto en el que se procesaron y analizaron los principales clústeres económicos y el entorno competitivo existentes en las ZEE y sus AI.

5. RESULTADOS

En esta sección se describen los principales resultados obtenidos del análisis de datos agrupados en torno a la producción agrícola, infraestructura y servicios logísticos, capital humano y clústeres empresariales.

5.1 Producción agrícola

De acuerdo con las estadísticas de producción agrícola 2018 de [27] esta actividad está presente en las AI de las ZEE en mayor o menor medida, mismos que se listan a continuación en orden de importancia en cuanto al valor de la producción. En el AI de la ZEE de Chiapas se registran alrededor de 27 cultivos siendo los de mayor relevancia el plátano, mango, papaya, pastos y pradera y caña de azúcar, maíz grano, café cereza, soya y cacao. En el AI de la ZEE de Coatzacoalcos se reportan 11 cultivos: maíz grano, naranja, palma africana, hule huevea, frijol, sorgo en grano, chile verde, copra, limón, papaya y sandía. En el AI de la ZEE de Lázaro Cárdenas la Unión se reportaron 23 productos agrícolas, los principales, mango, maíz grano, papaya, copra, coco fruta, plátano, sandía, pastos y praderas, melón y tomate rojo. En el AI de la ZEE de Progreso se destacan los pastos y praderas, pepino, limón, naranja, calabacita, chile verde, aguacate, henequén y mango. En Salina Cruz solo se reportan los cultivos de maíz grano, sorgo grano y ajonjolí. El AI de la ZEE de Campeche es la que reporta el mayor número de cultivos, 35 en total, entre los que destacan la caña de azúcar, maíz grano, sorgo grano, palma africana o de aceite, soya, arroz palay, mango, toronja, calabaza semilla o chihua, naranja y limón. Finalmente, el AI de la ZEE de Tabasco se registraron 15 cultivos, entre ellos, cacao, copra, maíz grano, caña de azúcar, pimienta, naranja, frijol, mamey, semilla de caña de azúcar y sorgo en grano.

5.2 Infraestructura y servicios logísticos

En lo que respecta a la infraestructura habilitadora de la logística y comunicaciones todas las ZEE cuentan al menos con un puerto comercial y/o pesquero de gran envergadura. Puerto Chiapas en la ZEE de Chiapas cuenta con flujos comerciales a EEUU, Canadá, China, Guatemala, Honduras, El Salvador; el Puerto de Coatzacoalcos con EEUU, España, Bélgica, Noruega, Holanda, Chile, Vietnam, India; el Puerto de Lázaro Cárdenas, en la ZEE de Lázaro Cárdenas- La Unión, con EEUU, China, Australia, Canadá, Chile, Colombia; Puerto Progreso, en la ZEE de Progreso, con Cuba, Jamaica, Brasil, China; El Puerto de Salina Cruz, en la ZEE de Salina Cruz, con EEUU, Japón, Corea del Sur, Panamá, Singapur; El Puerto de Champotón, en la ZEE de Campeche, con EUU, España, India; y el Puerto de Dos Bocas, en Tabasco, con EUU, España, China. Las ZEE de Coatzacoalcos, Progreso, Campeche y Tabasco cuentan con puertos de pesca; Campeche tiene un puerto de turismo; y Lázaro Cárdenas la Unión cuenta con dos puertos de turismo y pesca. En lo que respecta a los aeropuertos, solo las ZEE de Tabasco y Salina Cruz no cuentan con uno al interior de su área de influencia (Tabla 2).

Tabla 2. Infraestructura logística y de comunicaciones. Fuente: Elaboración propia con datos de [26]

Tipo de infraestructura	ZEE Chiapas	ZEE Coatzacoalcos	ZEE Lázaro Cárdenas - La Unión	ZEE Progreso	ZEE Salina Cruz	ZEE Campeche	ZEE Tabasco
Puerto comercio	0	2	0	3	1	3	1
Puerto comercio y pesca	1	1	1	0	0	2	0
Puerto pesca	0	1	0	1	0	1	1
Puerto turismo	0	0	0	0	0	1	0
Puerto turismo y pesca	0	0	2	0	0	0	0

Aeropuertos	1	1	1	1	0	2	0
Civil terrestre (mayor)	3	0	1	0	0	2	0
Civil terrestre (menor)	1	0	0	0	0	0	0
Civil terrestre (N)	8	0	1	0	0	6	0
Ferrocarril	1	1	1	1	1	1	0
Caminos (Kms)	676.95	497.43	1549.54	374.06	12.14	148.74	2319.77
Carreteras (kms)	615.61	576.85	577.58	574.85	54.11	752.40	1796.38
Veredas (kms)	3.95	29.26	121.11	1.54	0.00	0.00	50.70

El clúster de servicios logísticos locales está presente en todas las AI. En el AI de la ZEE de Chiapas ocupa el lugar 22 y está integrado por alrededor de 89 empresas (72% micro, 24% pequeñas y 4% medianas); el AI de la ZEE de Coatzacoalcos ocupa el lugar 24 con alrededor de 105 empresas (67% micro, 23% pequeñas, 9.5% medianas y 0.5% grandes); el AI de la ZEE de Lázaro Cárdenas-La Unión ocupa el lugar 17 con 135 empresas (62% micro, 30% pequeñas y 8% grandes). En el AI de la ZEE de Progreso este clúster ocupa el lugar 27 con 279 empresas (57% micro, 33% pequeñas, 8.5% medianas y 1.5% grandes). En el AI de Salina Cruz este clúster ocupa el lugar número 25 con 19 empresas (74% micro, 15% pequeñas y 11% medianas). En el AI de Campeche es el clúster 20 con 155 empresas (75% micros, 19% pequeñas y 6% medianas). Finalmente, en el AI de la ZEE de Tabasco ocupa el lugar 30 con 33 empresas (42% micro, 49% pequeñas y 9% medianas).

5.3 Capital Humano

La Figura 2 muestra la ocupación de la población por sector productivo en cada una de las ZEE y su AI. En ella podemos ver que, en las ZEE de Campeche, Lázaro Cárdenas-La Unión, Tabasco, Coatzacoalcos y Progreso se destaca el porcentaje de población dedicada al comercio; en la ZEE de Chiapas la dedicada al sector agropecuario; y en la ZEE de Salina Cruz un alto porcentaje se dedica al sector de restaurantes y alojamiento. Los porcentajes de población dedicados al sector de manufactura oscila entre 6.7 y 12.78 siendo las ZEE de Tabasco y Progreso, respectivamente, las que presentan estos valores extremos.

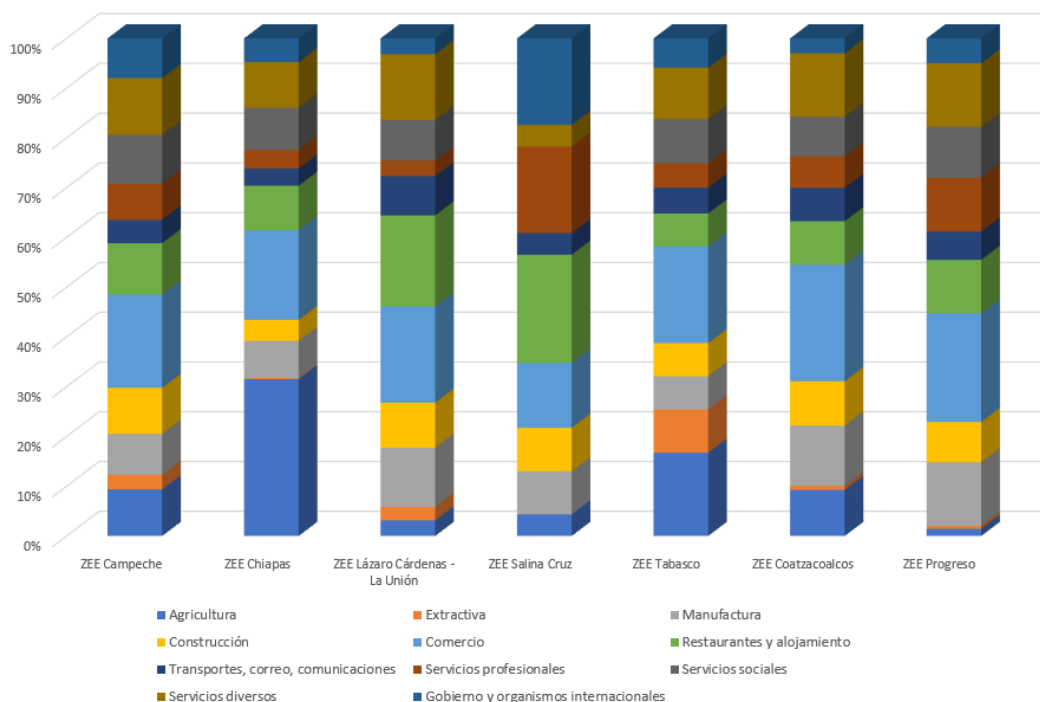


Figura 2. Porcentaje de población ocupada en las ZEE y su AI por sector productivo. Elaboración propia con datos de [26]

La población trabajadora con un ingreso menor o igual a un salario mínimo en las ZEE y sus AI representa alrededor del 26.3% en Campeche; 45.1% en Chiapas; 22.5% en Lázaro Cárdenas – La Unión; 13% en Salina Cruz; 31.5% en Tabasco; 28.5% en Coatzacoalcos; y 20.9% en Progreso. En

contraparte, la población trabajadora con ingresos superiores a cinco salarios mínimos en estas ZEE y sus AI es de alrededor de 4.92%, 1.58%, 3,13%, menos del 1%, 3.18%, 3.86%, 4.71% y 3.77%, respectivamente.

Es de observarse también que un alto porcentaje de población trabajadora de las ZEE y sus AI se encuentra dedicada al desarrollo de actividades en los sectores informal, doméstico o de agricultura de autosubsistencia, representando alrededor del 55.64% para la AI de Campeche; 73.88% para la de Chiapas; 58.61% para Lázaro Cárdenas – La Unión, 60.87% para Salina Cruz; 60.16% para Tabasco; 58.78% para Coatzacoalcos; y 51.72% para Progreso.

5.4 Clústeres empresariales

El ecosistema empresarial de las ZEE y sus AI, al igual que el resto del país, está compuesto de un alto porcentaje de pequeñas y medianas empresas. En Campeche el 90.7% son micro y el 7.6% pequeñas empresas, en Lázaro Cárdenas - La Unión 92.9% y 5.9%, en Coatzacoalcos 93.9% y 5.1%, en Chiapas 94.3% y 4.9%, en Progreso 90.27% y 8.05%, en Tabasco 93.6% y 5.6%, y en Salina Cruz 93.9% y 5.1%, respectivamente.

El Top Five de clústeres empresariales con presencia en las siete ZEE y sus AI son el comercio al por menor; establecimientos de hospitalidad local; servicios personales locales (no médicos); y productos y servicios locales de vehículos motorizados. El clúster de comunidad local y organizaciones cívicas se encuentra presente en el Top Five de seis de las siete ZEE, siendo la ZEE de Progreso y su AI la única que en lugar de este clúster incorpora el de servicios de salud locales.

La Figura 3 muestra la distribución espacial del Clúster de Producción y Manufactura de Alimentos en las ZEE y sus AI, el cual se encuentra dentro del Top Ten de Clúster presentes en el territorio y que está ampliamente relacionado con la vocación agroindustrial. En la ZEE de Tabasco ocupa la 8ª posición; Salina Cruz, 8ª posición, Lázaro Cárdenas - La Unión, 7ª posición; Coatzacoalcos, 8ª posición; Puerto Chiapas, 8ª posición; y 10ª posición en Campeche. El resto de las vocaciones productivas promovidas en las ZEE cuentan con poca o nula presencia de empresas de soporte en el territorio, por citar un ejemplo, Lázaro Cárdenas – La Unión tienen entre sus vocaciones productivas al sector automotriz y sólo es posible identificar una empresa pequeña relacionada con este sector.

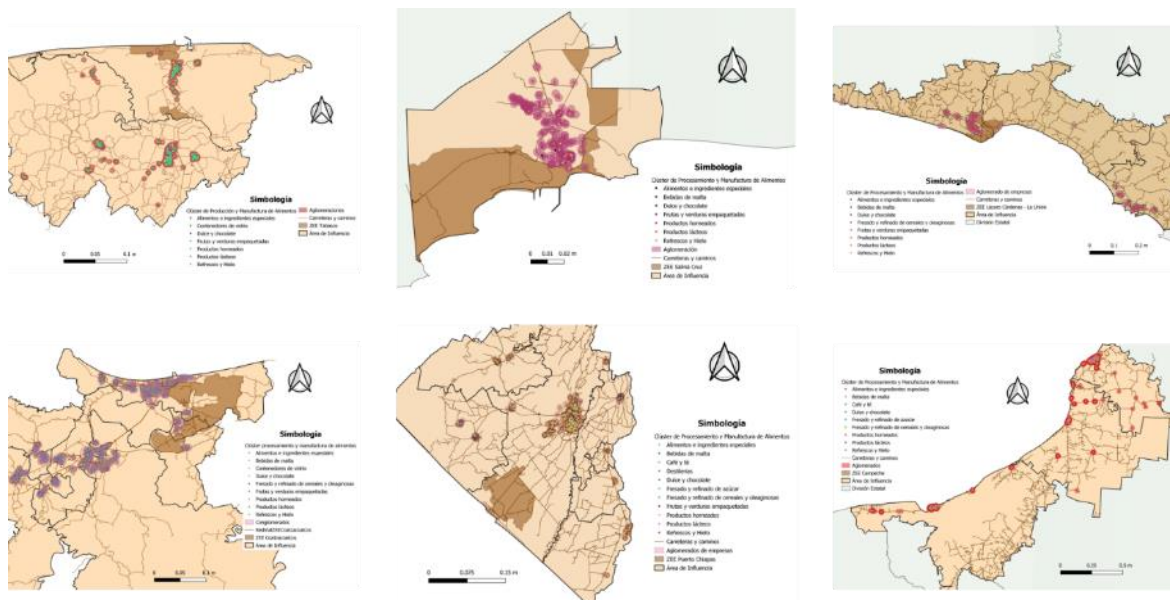


Figura 3. Distribución espacial de las empresas asociadas al clúster de Producción y Manufactura en las ZEE y AI Tabasco, Salina Cruz, Lázaro Cárdenas-La Unión, Coatzacoalcos, Puerto Chiapas, y Campeche (de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Elaboración propia con datos de [26])

En la ZEE de Progreso, se pretende promover como vocación productiva al sector TIC y de acerudo con [26] solo se tienen registradas seis empresas relacionadas directamente con el clúster de TIC e instrumentos analíticos y veintiséis empresas dedicas a la producción y distribución de video. Sin embargo, cuenta con un número importante de empresas e instituciones dedicadas a la educación local y capacitación, así como a la educación y creación de conocimiento, sectores que bien

gestionados y acompañados de una política pública robusta pueden contribuir de manera importante a la construcción de un ecosistema tecnológico que genere valor a la vocación pretendida.

6. CONCLUSIONES.

Las ZEE mexicanas nacieron y murieron con la administración que las promovió, pese al enorme andamiaje legal que se construyó alrededor de ellas y a la gran cantidad de recursos humanos y materiales y económicos que se invirtieron para darles forma. La promulgación de la Ley Federal de ZEE y su reglamento, así como la creación de la Administración Federal de ZEE vieron la luz y se materializaron en tan solo unos meses y a partir de entonces todos los esfuerzos se concentraron en negociaciones rumbo a su decreto, generación de su plan de desarrollo y una puesta en operación que no logró ver la luz.

Los decretos de las ZEE parecían dar cuenta de que por primera vez se había pensado en todo. Los polígonos donde se instalarían las nuevas empresas estaban predefinidos y había una línea clara en torno a la distribución y expansión prospectiva; las vocaciones productivas y el área de influencia quedaron predefinidas; los tres órdenes de gobierno parecían tener claro que las ZEE no eran un fin sino un medio para promover el tan ansiado desarrollo regional, que contribuiría por fin a reducir la brecha económica entre los estados del Norte y del Sur; estaba clara también la estrecha relación que las ZEE se relacionarían con el área de influencia, el mercado nacional, y por que no, el mercado internacional; el marco legal había previsto la inserción de mano de obra nacional en el nuevo ecosistema; optaríamos por un esquemas de gobernanza público-privados, etc.

Los resultados de esta investigación dejan claro que la mayoría de las vocaciones productivas establecidas en las declaratorias estaban completamente desarticuladas de la realidad económica de las áreas de influencia establecidas con respecto a servicios de soporte, capital humano y ecosistemas productivos, todos ellos elementos *sine quan non* se logra atraer una Inversión Extranjera Directa. La vocación agroindustrial, predefinida en seis de las siete ZEE, es la que tiene mayor presencia de posibles proveedores y competidores, sin embargo, vale la pena destacar que una buena parte de los productos agropecuarios de estas regiones son de autoconsumo o tienen un mercado nacional e incluso internacional como materia prima.

La infraestructura y servicios logísticos, capital humano y estructura empresarial dan cuenta del potencial que tienen estos territorios para la promoción de clústeres empresariales que pueden contribuir al desarrollo de una ventaja competitiva a través de la generación de ecosistemas de colaboración y competencia que propicien el desarrollo regional de manera endógena. Si se lograrán promover uno o dos clústeres productivos en estos territorios solo sería cuestión de tiempo para que la Inversión Extranjera Directa se acerque sola y el área de influencia alcanzada por un clúster exitoso podría llegar a sorprendernos.

Otra manera de promover el desarrollo aprovechando algunas de las vocaciones predefinidas, que de acuerdo con los propios decretos estuvieron basadas en ejercicios de capacidad actual y prospectiva, así como la infraestructura carretera, puertos, aeropuertos y ferrocarril, preexistentes en las ZEE y sus AI es atraer o desarrollar industrias que agreguen valor a los productos de importación o exportación que pueden pasar por estos territorios y anclarse a cadenas de suministro nacionales o internacionales a través de las diferentes modalidades de transporte

7. REFERENCIAS.

- [1] Banco Mundial. (2011). *Desarrollando el Potencial Exportador de América Central. Infraestructura para Desarrollar las Exportaciones: Zonas Económicas Especiales, Innovación y Sistemas de Calidad*. 1ª. Edición. Ministerio de Economía y Competitividad. España.
- [2] United Nations Conference on Trade and Development (2019). *World Investment Report 2019: Special Economic Zones*. United Nations. New York, USA.
- [3] FIAS (2008). *Special Economic Zones: Performance, Lessons, Learned, and Implications for Zone Development*. The World Bank Group. Washington D.C., USA.
- [4] Autoridad Federal para el Desarrollo de Zonas Económicas Especial -AFDZEE (2017). *Zonas Económicas Especiales: El Gran Proyecto de Nación*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Ciudad de México, México.

- [5] Diario Oficial de la Federación -DOF (2016a). Ley Federal de Zonas Económicas Especiales. Publicado el 01/06/2016
- [6] Diario Oficial de la Federación -DOF (2016b). Reglamento de la Ley Federal de Zonas Económicas Especiales. Publicado el 30/06/2016
- [7] Diario Oficial de la Federación -DOF (2016c). Decreto por el que se crea la Autoridad Federal para el Desarrollo de las Zonas Económicas Especiales y se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Publicado el 30/06/2020
- [8] Diario Oficial de la Federación -DOF (2017a). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Puerto Chiapas. Publicado el 29/09/2017.
- [9] Diario Oficial de la Federación -DOF (2017b). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Coahuila de Zaragoza. Publicado el 29/09/2017.
- [10] Diario Oficial de la Federación -DOF (2017c). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Lázaro Cárdenas – La Unión. Publicado el 29/09/2017.
- [11] Diario Oficial de la Federación -DOF (2017d). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Salina Cruz. Publicado el 19/12/2017.
- [12] Diario Oficial de la Federación -DOF (2017e). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Progreso. Publicado el 19/12/2017
- [13] Diario Oficial de la Federación -DOF (2018a). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Tabasco. Publicado el 18/04/2018.
- [14] Diario Oficial de la Federación -DOF (2018b). Decreto de Declaratoria de la Zona Económica Especial de Campeche. Publicado el 18/04/2018.
- [15] Diario Oficial de la Federación -DOF (2011). Decreto por el que se abrogan los diversos de Declaratorias de las Zonas Económicas Especiales de Puerto Chiapas, de Coahuila de Zaragoza, de Lázaro Cárdenas-La Unión, de Progreso, de Salina Cruz, de Campeche y de Tabasco publicados el 29 de septiembre y 19 de diciembre, ambos de 2017, y el 18 de abril de 2018. Publicado el 19/11/2019
- [16] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social -CONEVAL (2015). Medición de la Pobreza, indicadores de pobreza por municipio. Consultado el 15/09/2020 desde <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezalInicio.aspx>
- [17] Porter, Michael; Stern, Scott; Green, Michael. (2015). Social Progress Index 2015. Washington DC: Social Progress Imperative.
- [18] Stern, Scott; Wares, Amy; Orzell, Sarah. (2015). Índice De Progreso Social 2015 Reporte Metodológico. Washington, DC: Social Progress Imperative.
- [19] Nuño, José Pablo; García, Miguel Ángel; Cabanas, Martha; Prado, Rocío; Villegas, Nayeli; Soto, Germán; Buzanes, Iván. (2020). Social Progress Index. UPAEP, SINTONIA. Consultado el 16/09/2020 desde https://upaep.mx/sintonia/dashboard.php?type=SPI_new
- [20] Delgadillo-Macías, Javier; Torres-Torres, Felipe; Gasca-Zamora, José. (2001). El desarrollo regional de México en el vértice de dos milenios. Textos breves de economía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- [21] Gutiérrez, Éber; López, Leonardo; Pérez, Jairo; Rendón, Jaime. (2001). Desarrollo regional: reflexiones y alternativas.
- [22] Porter, Michael (1991). La ventaja competitiva de las naciones. Argentina: Javier Vergara
- [23] Porter, Michael (1999a). La ventaja competitiva de las naciones, en Ser Competitivos: Nuevas aportaciones y conclusiones, Ediciones Deusto S.A. de C.V.
- [24] Porter, Michael (1999b). Los clusters y la nueva economía de competencia. Palmas, vol. 20, no. 4, pp. 51-65.
- [25] Porter, Michael (2018). The U.S. Cluster Mapping Project. Institute for Strategy and Competitiveness, Harvard Business School. Disponible en <http://www.clustermapping.us>
- [26] INEGI. (2020). Instituto Nacional de Geografía y Estadística. <https://inegi.org.mx>
- [27] SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: Estadísticas de producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado a través del proyecto de Cátedras No. 843 “Desarrollo de modelos de movilidad y logística territorial para Zonas Económicas Especiales” asignado al CentroGeo.

Evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina. Etapa 2

Gonzalez Viescas, Patricio*; Aguirre, Tiburcio; Colombo, Julieta; Friedrich, Gabriela; López Palazini, Agustín.

Universidad de Mendoza. Av. Boulogne Sur Mer 683, M5500 Mendoza.

patricio.gonzalez@um.edu.ar

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objeto de estudio desarrollar modelos para las principales industrias mendocinas: vitivinícola, olivícola, metalmecánica y alimenticia.

Cabe destacar que es la continuación del trabajo "Evaluación de la relación entre costos de energía y la eficiencia de los sistemas energéticos en la industria mendocina", realizado por los alumnos Chirino, Díaz, González Segura, Mora y Schjaer. Es por esto, que su trabajo y todo su contenido es tomado como base para la realización de este.

La finalidad de las mismas es que toda aquella empresa afín a la industria que tenga intenciones de mejorar su eficiencia, disponga de un modelo de análisis para la potencial mejora de la eficiencia energética en una empresa.

Estos modelos, desarrollados por medio de Excel, tienen un funcionamiento muy sencillo. Los usuarios deberán medir algunas variables en su empresa e ingresarlas en el modelo y este calculará diferentes alternativas para mejorar la eficiencia y poder así seleccionar la mejor, ilustrando las potenciales mejoras en el consumo de energía y el impacto económico que produciría, si se llevara a cabo la propuesta.

Palabras claves: modelo, energía, eficiencia, industria.

ABSTRACT

The present research project aims to study to develop models for the main Mendoza industries: wine, olive, metalworking and food.

It should be noted that it is the continuation of the work "Evaluation of the relationship between energy costs and the efficiency of energy systems in Mendoza's industry", carried out by students Chirino, Díaz, González Segura, Mora and Schjaer. This is why their work and all its content is taken as the basis for its realization.

Their purpose is that any company related to the industry that intends to improve its efficiency, has an analysis model for the potential improvement of energy efficiency in a company.

These models, developed by means of Excel, have a very simple operation. Users must measure some variables in their company and enter them in the model and it will calculate different alternatives to improve efficiency and thus be able to select the best one, illustrating the potential improvements in energy consumption and the economic impact that it would produce, if it were carried out. carry out the proposal.

Keywords: model, energy, efficiency, industry

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizará en base a lo investigado, estudiado y concluido en la etapa 1 del proyecto de eficiencia energética. A partir de lo anterior, se puede afirmar que las empresas desean bajar sus costos en la facturación debido a su incremento en los últimos años, pero muy pocas tienen conocimiento de eficiencia energética, y por lo tanto no se toman medidas para mejorarla, exceptuando en la parte de iluminación en la cual casi todas realizaron inversiones y colocaron iluminación LED.

Como consecuencia de esto, el siguiente trabajo busca facilitar a las empresas una herramienta que les permita obtener información para una mejora potencial de la eficiencia, y por ende su facturación. Esta herramienta se trata de distintos modelos de Excel para cada uno de los sectores industriales, adaptadas a sus necesidades.

2. MARCO TEÓRICO

La EE se refiere a la práctica que tiene como objetivo reducir la cantidad de energía final consumida para producir un producto o servicio. Así, el uso racional y eficiente de los recursos energéticos permite producir un producto o dar un servicio consumiendo menos energía y además generando niveles inferiores de contaminación. El interés de nuestra sociedad debe ser el consumir el mínimo de energía posible para conseguir la satisfacción de los servicios.

El uso eficiente de energía plantea varios desafíos en cuanto al seguimiento continuo y evaluación del desempeño.

Según un estudio de la Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética de la Argentina, el sector industrial es el responsable del 40% del consumo energético total siendo el principal consumidor a nivel mundial [1]. Existen numerosas oportunidades de eficiencia energética en este sector las cuales se pueden llevar a cabo mediante la utilización de prácticas y/o tecnologías más eficientes, que ayudarían a la industria a disminuir su consumo energético y a mejorar su productividad.

Cabe destacar que el 70% del consumo de energía eléctrica generada a nivel mundial se debe al funcionamiento de los motores eléctricos, por lo que las medidas disponibles que ayuden a aumentar la eficiencia de este equipo benefician en una proporción muy grande a la industria.

En la industria mendocina, la consciencia respecto a la eficiencia energética es muy baja, pudiéndose mejorar muchos aspectos. En 2013, según estudios realizados por el Consejo Mundial de Energía, Argentina se encontró en un ranking mundial de eficiencia energética en el puesto 26. Según el índice “Energy Trilemma Index” del Consejo mundial de la energía (WEC), el cual considera la habilidad de los países de proveer energía sustentable en 3 aspectos (seguridad energética, equidad energética; accesibilidad y asequibilidad) y sostenibilidad ambiental, Argentina se encuentra actualmente en el puesto 35.

La potencia eléctrica contratada es la potencia que suscribe el cliente con la empresa eléctrica en función de la potencia de los equipos que tiene instalados en su compañía. En la mayoría de las empresas de nuestra provincia, no se tiene en cuenta el gran costo fijo que genera una potencia erróneamente contratada, siendo que en muchos casos se utilizan menores cantidades de potencia que lo que se ha contratado, pudiéndose reducir este costo fijo enormemente.

Es por ello que, para poder realizar los distintos modelos, lo primero que se realizó fue un estudio del proceso productivo de cada una de las industrias. A partir de los distintos procesos productivos, y de los datos relevados en la etapa 1, se pudo determinar cuáles son las máquinas más utilizadas, el tipo de energía utilizada, los puntos donde se tiene menor eficiencia; y de esta manera poder hacer foco en los principales aspectos y así poder plantear las distintas soluciones.

3. DESARROLLO Y METODOLOGÍA

En base a la información recopilada y estudiada en profundidad se pudo definir cuáles son las posibles mejoras en eficiencia energética que se pueden hacer para cada industria, cuantificarla y a partir de esto calcular las correspondientes inversiones necesarias para lograrlo. Es por ello que esta investigación puso foco en: motores eléctricos, aire comprimido, energía solar, biomasa, energía geotérmica, iluminación, soldadura, corte, deformación y mecanizado y esterilizado.

La metodología adoptada consiste en:

1. Planteamiento del problema
2. Objetivo de investigación
3. Selección de las fuentes de datos
4. Recolección de datos
5. Análisis de la información
6. Determinar datos a solicitar y medir.
7. Diseño de los modelos
8. Armado de los modelos

9. Automatización de los modelos

A continuación, se detalla profundamente qué fue lo investigado en cada uno de estos aspectos y los modelos desarrolladas en Excel para realizarlo:

3.1 MOTORES ELÉCTRICOS

Lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de analizar un motor, es su rendimiento. El rendimiento de un motor eléctrico es la relación entre su potencia útil y la potencia absorbida. Hoy por hoy, los nuevos motores traen un rendimiento bastante alto, entre un 85 y 90%, algunos llegando casi al 93%. Entonces, si una industria está pensando en comprar un motor, o reemplazar algún motor obsoleto y viejo, se tiene que enfocar en comprar motores de alto rendimiento.

Luego de esto, otro aspecto fundamental a tener en cuenta es saber si los motores que se tienen en la empresa están bien dimensionados en relación al trabajo que tienen que ejecutar. Esto es un factor de vital importancia, ya que el motor va a tener buenos rendimientos si trabaja con cargas mayores al 60% de su carga nominal y menores al 90% de su carga nominal, entendiéndose por carga nominal a aquella carga en la cual el motor va a consumir su potencia nominal. [2]

Para poder determinar si el motor está bien dimensionado se debe que obtener algunos parámetros, algunos de ellos los se extraen de la placa característica y otros se deben medir:

- Datos obtenidos de la placa:
 1. Potencia nominal [HP o kW].
 2. Corriente nominal [A].
 3. Tensión nominal [V].
 4. Rendimiento.
 5. Coseno de ϕ .
- Datos de medición:
 1. Corriente absorbida [A]: Obtenida con un amperímetro.
 2. Coseno de ϕ : Obtenida con un cofímetro.
 3. Velocidad angular [RPM]: Obtenida con un tacómetro.
 4. Torque [KGM]: Obtenida con un torquímetro.

Una vez obtenidos todos esos datos, se va a poder calcular la verdadera potencia útil que está transmitiendo el motor al eje, y la verdadera potencia absorbida que está consumiendo el motor de la red. Calculado esto, se procede a comparar la verdadera potencia útil que está transmitiendo el motor con la potencia nominal que figura en la placa: si la potencia útil es menor al 60% de la potencia nominal, entonces este motor está sobredimensionado. Por lo cual el rendimiento va a ser muy bajo y se va a tener una pésima eficiencia energética. Por el contrario, si la potencia útil es mayor al 90% de la potencia nominal, entonces el motor está subdimensionado y también tendrá un mal rendimiento y mala eficiencia.

Ahora el siguiente paso es: calcular la energía que se está consumiendo actualmente contra la energía que se podría llegar a consumir dimensionando bien el motor, la eficiencia que va a tener el futuro motor contra la eficiencia actual que está teniendo, el aumento de eficiencia que se va a tener, el ahorro energético que se va a lograr, el ahorro monetario que se va a lograr, la inversión a realizar y el respectivo período de recupero.

3.2 ILUMINACIÓN

El segundo modelo fundamental para generar un uso eficiente de la energía en la industria es respecto a iluminación.

Un sistema de iluminación LED de alta calidad no solo generará mayor eficiencia energética, sino que también brindará una mayor calidad en la iluminación, por ende mayor seguridad en el trabajo y mejores condiciones. A continuación, se destacan algunas de las ventajas de la iluminación bajo análisis:

Mayor duración

Las bombillas LED tienden a durar hasta 25 veces más que las bombillas industriales tradicionales. Las lámparas LED tienen un costo inicial de instalación superior a otros sistemas de iluminación. Sin embargo, estos costos pueden reducirse debido a su mayor esperanza de vida y el costo total del uso eléctrico. Generalmente las bombillas LED usan un 75% menos de energía que otros tipos de bombillas.

Mayor calidad de iluminación gracias al dispositivo de iluminación LED

Las mejoras en las tecnologías de la iluminación para bombillas LED ha mejorado la eficiencia de la iluminación, así como la calidad del color. La calidad mejorada de la iluminación puede afectar al rendimiento y la precisión del trabajador en el desempeño de sus actividades. Una nueva instalación de iluminación tiene una importante huella en la producción del empleado.

Mejora la seguridad

Con la instalación de LED en entornos industriales, se mejora la seguridad en dichas áreas tales como el almacén y las zonas de manufactura. Una nueva instalación de LED ofrece también un mayor brillo que reduce el número de LEDs necesarios, lo que conlleva una mejora de la seguridad del trabajador.

Confección De Modelo

Para la confección del modelo de iluminación, lo que hizo fue comparar los consumos energéticos y monetarios actuales, versus los consumos energéticos y monetarios posibles si se colocara bombillas LED.

El usuario deberá ingresar los datos de la cantidad de bombillas que tiene con sus respectivas potencias, el lugar donde se encuentran las bombillas, la cantidad de horas que se utilizan las bombillas, y el precio del KWH que está pagando actualmente.

Una vez ingresados esos valores, el modelo calculará los consumos totales de cada mes y los costos monetarios. Consecuentemente, se procederá a realizar los mismos cálculos, pero esta vez considerando luces LED.

Una vez hecho esto, el modelo arrojará los consumos energéticos anuales, con sus respectivos consumos monetarios, tanto de las bombillas actuales como de las bombillas LED. A partir de allí, se puede sacar las debidas conclusiones: el ahorro energético que se va a lograr, el ahorro monetario, la inversión a realizar debido al cambio de bombillas, y el período de recupero.

3.3 AIRE COMPRIMIDO

Durante mucho tiempo, en la industria los compresores más utilizados fueron los de pistón. Sin embargo, hoy por hoy se ve una clara tendencia hacia los compresores de tornillo. A continuación, se analiza el por qué, las características más importantes de estos compresores, y las diferencias más destacadas con respecto al de pistón.

Compresor De Tornillo Vs Compresor De Pistón

- Ciclo de trabajo

Los compresores de pistón más pequeños tienen un ciclo de trabajo permisible de 60% a 70%. Por esta razón, los compresores de pistón suelen ser sobre dimensionados.

Los compresores de tornillo tienen un ciclo de trabajo permisible del 100% y pueden operar continuamente si surge la necesidad.

- Arrastre de aceite

A nivel que se desgastan los pistones, cilindros, anillos y válvulas, el compresor de pistón entrega menos aire. Un efecto secundario es que más aceite lubricante consigue pasar de los anillos hacia la tubería de aire comprimido y a los puntos de uso, por lo tanto, obtenemos aire de mala calidad y pérdidas de rendimiento.

Con los compresores de tornillo, hay poco o ningún cambio dependiendo del fabricante, en el rendimiento a largo plazo debido a que los rotores no se tocan entre sí o a la carcasa, por lo que no se desgastan.

- Eficiencia energética

Los compresores de tornillo normalmente entregan más aire por unidad de energía de entrada que los compresores de pistón. Los compresores de pistón nuevos generalmente entregan de 3 a 4 cfm por hp. Los compresores de tornillo entregan de 4 a 5 cfm por hp.

Sistemas de control: La clave del ahorro

Los sistemas de control más comunes que podemos encontrar en la industria son 3:

1. ON/OFF

Se setea al compresor para que arranque y pare al llegar a ciertos valores de presión. Este sistema es ineficiente ya que el compresor va a estar arrancando y parando, y además vamos a tener que setearlo con una sobre presión.

1. Control por modulación

A través de una válvula analógica, el compresor va a ir modulando de acuerdo al consumo que exista. Este sistema es altamente eficiente

1. Variador de velocidad

A través de un variador de velocidad, el motor del compresor va a comprimir dependiendo del consumo que exista. Este sistema también es altamente eficiente.

Otros factores importantes para la eficiencia

- Reducción de fugas de aire (ahorro entre 10% y 25%)
- Alimentación del compresor con aire frío (ahorro de un 2% aproximadamente) [3]

Para la confección de este modelo, lo que se hizo fue que el usuario primero deba ingresar una serie de datos: tipo/s de compresores que se tiene, potencia de los mismos, caudal, presión máxima, capacidad de pulmón, horas de trabajo. Además, deberán ingresar las máquinas a alimentar, el caudal de requerido por las mismas, presión de trabajo necesario, y las horas de trabajo.

Una vez ingresado estos datos por el usuario, el modelo calculará la energía anual consumida, y si el compresor está sobredimensionado o no, en base a la comparación entre el caudal requerido y el caudal que tiene el compresor.

Por último, el modelo arrojará cuáles son las medidas a tomar para mejorar la eficiencia, porcentajes de mejora en base a lo investigado, y el ahorro energético anual generado por las medidas.

El sistema fotovoltaico conectado a red

Un sistema fotovoltaico conectado a red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional.

El sistema está compuesto por componentes que cumplen distintas funciones: Generador fotovoltaico, Inversor, Protecciones e interruptores, Medidor bidireccional, Cableado.

La confección del modelo se hizo en base a un caso práctico de la fundación Energizar

Se seleccionó de forma predeterminada un panel fotovoltaico específico: un panel Suntech STP-340S, de 340 watts de potencia, con sus respectivas dimensiones. Es importante mencionar que en las dimensiones colocadas ya está considerado el espacio de seguridad que tiene que existir entre los paneles. El rendimiento del mismo es de un 80%.

A partir de aquí el usuario debe ingresar como datos la energía anual consumida y el porcentaje a reemplazar. Una vez ingresados esos datos, el modelo arrojará la cantidad de paneles necesarios para generar ese porcentaje y la superficie requerida.

A partir de allí, el modelo va a determinar si disponemos o no de la superficie para ese porcentaje deseado. En caso de que no lo dispongamos, los resultados obtenidos se calculan sobre la superficie que disponemos.

Las dos tablas por igual entregarán la superficie a ocupar, la cantidad de paneles a instalar, la potencia nominal disponible, la energía anual que se podrá generar y el costo de la instalación.

Luego, se tiene la tabla de aspectos económicos que establece en base a lo ahorrado por la energía generada y la inversión realizada, el período de recupo que tendrá el proyecto.

3.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA

Energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra. La energía geotérmica se puede clasificar de la siguiente forma de acuerdo a su temperatura: alta, media, baja y muy baja. Este proyecto se enfoca en la energía geotérmica de muy baja temperatura, la cual se encuentre por debajo de los 30°C, y es la que se utilizada para refrigeración/calefacción.

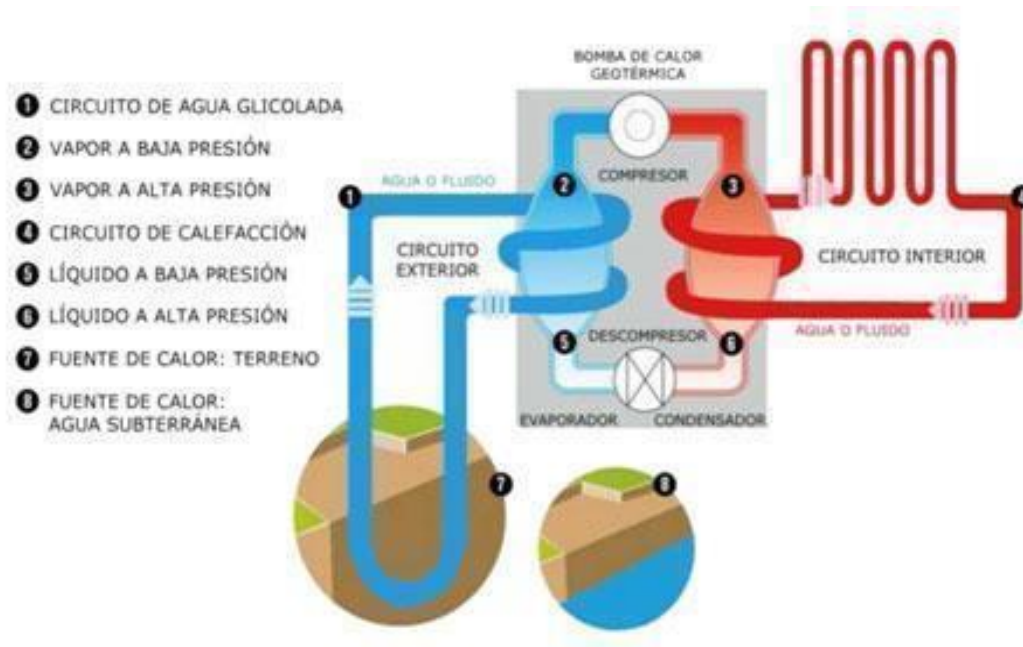


Figura 1. Funcionamiento de una bomba de calor geotérmica.

Ventajas de la Energía Geotérmica

- Energía limpia

Se consume mucho menos energía que con un sistema convencional

- Energía eficiente

Estos sistemas tienen rendimientos de 200 a 400%, muy superiores a los sistemas eléctricos, donde el rendimiento máximo es del 100%. [4]

Concepto importante a tener en cuenta: COP

El COP (Coefficient of performance) es la relación entre potencia calorífica y potencia eléctrica. Es decir, la potencia calorífica que entrega esta máquina, en relación a la potencia eléctrica utilizada. Estas bombas tienen un COP de 4. Esto significa que la máquina entrega 4 kw térmicos, utilizando 1 kw eléctrico. Dicho de otro modo, como se mencionó anteriormente, tiene un rendimiento del 400%. El COP de una bomba de calor convencional es de 1, y en algunas ocasiones llega a 1,5.

Para la realización de este modelo, lo que se hizo fue basarse en la energía anual consumida por el usuario y en la potencia utilizada, para los equipos de refrigeración/calefacción. Además, se tiene en cuenta el COP de la máquina actual y de la futura bomba de calor geotérmica.

En primera instancia, lo que se le pide al usuario es que ingrese los siguientes datos, en base a lo utilizado para calefaccionar/refrigerar en sus procesos:

- Potencia eléctrica absorbida [KW]
- Energía anual consumida [KWH]
- COP de la máquina que se está utilizando actualmente

Una vez que ingresa esos datos, sabiendo que el COP de una bomba de calor geotérmica es de 4 aproximadamente, el modelo calculará automáticamente la potencia necesaria y la energía anual consumida para esa máquina.

A partir de allí, se hace la comparación de un gasto y de otro, y el ahorro energético que resultará por el cambio de equipo.

Consecuentemente, se procede a calcular los valores monetarios. Sabiendo que el costo de una instalación de energía geotérmica es de 3000 dólares americanos por cada kw instalado, se calcula el costo total de inversión.

Luego, como conclusión, se procede a calcular de cuánto sería el período de recupero del proyecto.

3.5 BIOMASA

Luego del estudio realizado en los departamentos de Cruz del Eje e Ischilín de la provincia de Córdoba para la evaluación ambiental, técnica y económica del aprovechamiento de los residuos del olivar en la región, es posible afirmar que, en las condiciones actuales, la implementación de una instalación para el aprovechamiento energético de los mismos resulta inviable tanto técnica como económicamente.

Lamentablemente esta tecnología se encuentra poco desarrollada en este país, razón por la cual para implementarla es necesario importarla desde países en los cuales la misma se ha estudiado, evaluado e implementado, y donde se pueden encontrar una gran cantidad de proveedores. Estos países son principalmente países de Europa.

Esta importación de los equipos, lógicamente incrementa considerablemente los costos de conversión energética ya que el tipo de cambio no favorece a nuestro país en la adquisición de equipos de un costo tan elevado, y a ellos debe sumarse los costos que implicaría el traslado del equipo en tan grandes distancias; haciendo que la inversión sea imposible de afrontar para los productores de la región. Todo ello se ve reflejado en el período de recuperación del capital invertido. Si se realizara la importación de los equipos necesarios, la inversión podría cubrirse recién a los 32 años de comenzado el proyecto, debido a que los ingresos anuales por la venta de energía a la red no serían lo suficientemente elevados como para afrontar una inversión de tal magnitud.

Por estas razones, no se realizan inversiones de este tipo en el sector, y la utilización de la biomasa para aprovechamiento energético es muy escasa en nuestro país, en contraposición con la enorme disponibilidad de biomasa agrícola que posee, por ser uno de los mayores productores agropecuarios del mundo. Por lo tanto, se puede decir que el potencial biomásico de la República Argentina está siendo desperdiciado.

3.6 SOLDADURA

Luego de investigar las diferentes comparaciones experimentales que se han realizado para enfrentarlas, se llega a la conclusión que la mejor selección posible es el proceso GMAW siempre que sea posible. Este método es simple, versátil y es el que genera los menores costos. Cabe destacar que es uno de los métodos más utilizados en la industria. Debido a esto el estudio de mejora de eficiencia energética se concentró en este tipo de soldadura.

A la hora de mejorar la eficiencia energética de este proceso, es sobresaliente el efecto positivo que genera la tecnología inverter, contrapuesta a la tradicional que utiliza un transformador.

Son máquinas soldadoras que también convierten la corriente alterna de la red en corriente continua, pero en lugar de emplear un transformador-rectificador, la conversión se efectúa mediante una placa electrónica.

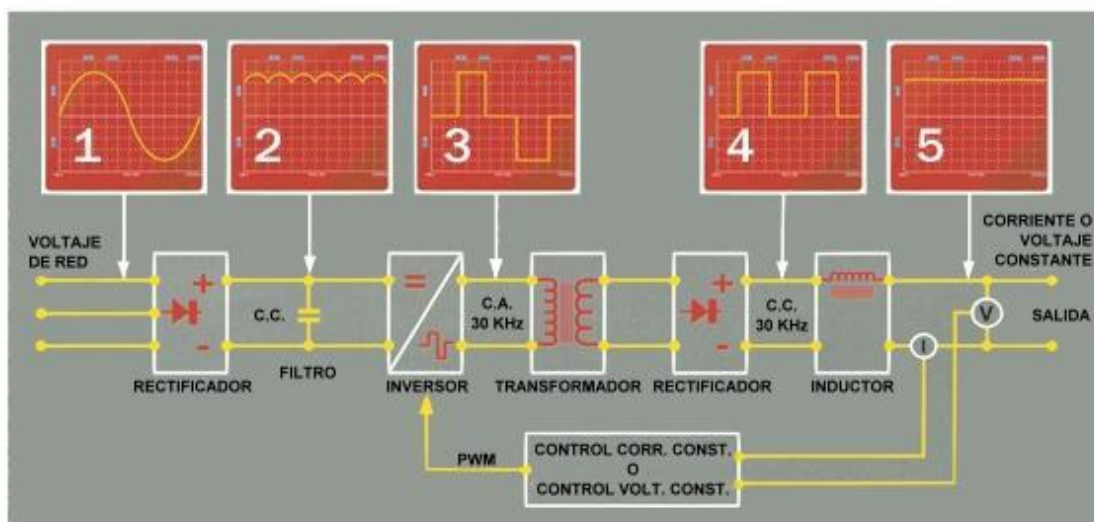


Figura 1. Esquema representativo del sistema inverter.

Además de este método se consideró también como alternativa de mejora de la eficiencia energética la simple desconexión manual de la soldadora en los momentos en que esta no está en uso. La razón es porque el solo hecho de que el equipo esté conectado genera un consumo en Standby o en espera. Una desconexión manual puede efectuarse en algunos casos prácticamente sin tener que realizar ninguna inversión. Sólo es necesario sensibilizar a los empleados en lo que a los costos energéticos se refiere.

Al aplicar la desconexión se logra el ahorro de la energía en Standby.

Con el uso de la tecnología inverter se logra una mejora de eficiencia de 30% en consumo de energía y gracias al 35% de aumento del ciclo de trabajo se reduce en este porcentaje el tiempo de Standby. En la soldadura actual, se usan los datos ingresados para calcular los costos de energía y mano de obra. Los costos de consumibles y gases son despreciables, no por el hecho de ser insignificantes, sino porque estos son iguales tanto con o sin el uso de alguna de las mejoras recomendadas.

Los costos están homogeneizados para que el resultado sea en \$/h. Luego al multiplicar por la cantidad de horas de Uso y de Standby se obtienen los respectivos costos diarios de cada uno.

3.7 CORTE

Para seleccionar uno de los muchos métodos de corte existentes se los debe comparar en varios aspectos incluyendo consumo de energía y recursos, calidad, productividad, espesor, aplicabilidad, facilidad de uso, entre otros. En este proyecto, el consumo de la energía debe ser el factor más importante a tener en cuenta para elegir un método.

El corte plasma, que promedia la mayor parte de las ventajas, siendo capaz de perforar grandes espesores con una buena calidad. Queda menos escoria en el metal cortado (reduciendo desperdicio de material), sin necesidad de operaciones secundarias para eliminar rebabas. También es importante mencionar que la zona afectada por el calor es menor que en oxicorte, reduciendo así la posibilidad de deformación del metal. Su velocidad de corte es comparable a la de la de chorro de agua. Es aplicable a muchos tipos de metales como el acero al carbono, aceros de alta aleación, inoxidable, aluminio, cobre, entre otros. Sus mayores desventajas son que produce humos que deben ser contenidas de alguna forma, en general con extractores de humos.

La solución más inmediata, de bajo costo y buenos resultados es la de pasar de usar una cortadora tradicional a una con tecnología inverter.

El inverter genera los mismos beneficios que en el caso de la soldadora. El formato del modelo es muy similar al de Soldadura, y por lo tanto redundante su explicación.

Es muy relevante el hecho de que existen equipos dos en uno que realizan los procesos de corte plasma y el de un tipo definido de soldadura. Esta clase de equipo es compatible con el inverter, por lo que sería muy útil invertir para poder mejorar ambos procesos en un solo cambio. Así la inversión se amortizaría en un menor tiempo.

3.8 MECANIZADO

En el caso del mecanizado se ha tenido en cuenta el caso de los tornos, fresadoras y centros de mecanizado.

El método de mejora propuesto se basa en los equipos CNC. Estos consumen la misma cantidad de energía que una máquina de mecanizado tradicional, pero tiene dos grandes beneficios que son el enorme aumento de productividad y su capacidad para poder desconectarlo automáticamente tras un muy corto periodo sin uso.

Un control CNC junto con un PLC integrado puede eliminar el consumo de energía excesivo durante la producción de piezas unitarias. Dependiendo del estado de la máquina (modo ajuste, período de falta de piezas o períodos prolongados de parada) un CNC es capaz de reducir o desconectar componentes individuales como iluminación, ventilación, aire comprimido, etc.

Los controles CNC y los motores están disponibles para el funcionamiento en tiempos extremadamente cortos inferiores a 30 segundos. La desconexión se realiza sin pérdida de tiempo, de forma que merece la pena desconectar la máquina incluso para períodos cortos de tiempo de espera. Así se puede eliminar las horas de Standby.

El hecho de mejorar la productividad genera la misma cantidad de productos en mucho menos tiempo. La reducción de horas de uso llega hasta un 30%.

Si no se tiene en cuenta los picos en la curva de rendimiento (movimientos rápidos), el mecanizado genera un incremento de la energía requerida del 22% con respecto a la capacidad de potencia estándar o en espera. [6]

Con el CNC se consigue un ahorro de alrededor del 30% para el costo anual en uso y además el ahorro aumenta por el hecho de que se elimina el costo de Standby en un 90% debido a la desconexión automática. El periodo de recupero es largo porque la inversión para adquirir el equipo CNC es bastante elevada.

3.9 DEFORMACIÓN

Para la deformación, sea realizada por una estampadora, plegadora o troqueladora, en todos los casos en la mayoría de las industrias esto se realiza mediante prensas hidráulicas que funcionan mediante energía eléctrica.

Se proponen dos métodos de mejora de eficiencia energética para este proceso. El uso de una bomba inteligente para prensas hidráulicas, o si no, el cambio de la prensa hidráulica por una moderna servo prensa eléctrica.

BOMBA INTELIGENTE

Las soluciones convencionales utilizan una bomba de desplazamiento variable accionada por un motor eléctrico que opera a un valor constante de RPM. Los requerimientos de presión hidráulica son regulados por un control de bomba, como un compensador de presión, o mediante válvulas de control de presión y flujo hidráulico corriente abajo de la bomba.

Con un diseño con RPM constante, el motor siempre está operando a una velocidad nominal establecida, incluso si la máquina está operando en carga de partes o en vacío. Cierta potencia del motor siempre se está desperdiciando. Simultáneamente, la fuga interna en la válvula y bomba hidráulica genera calor en el fluido hidráulico, el cual debe ser enfriado para mantener condiciones de operación óptimas. El proceso de enfriamiento además resulta en una demanda adicional de energía para el sistema.

Una bomba con inteligencia ajusta el flujo y la presión del sistema con base en la demanda del proceso. En un sistema de accionamiento de velocidad variable, los requerimientos de flujo del sistema hidráulico son controlados usando un accionamiento electrónico de frecuencia variable (VFD) acoplado a un servomotor convencional ya sea asíncrono o síncrono. Un transductor de presión da una señal para controlar la presión hidráulica. Esto permite al sistema operar a los puntos de eficiencia óptimos de la bomba y del motor. Esto reduce pérdidas de energía directamente en la fuente.



Figura 1. Ejemplo de bomba inteligente.

El sistema de bomba inteligente además puede eliminar la necesidad de válvulas de control de presión y el sistema de enfriamiento con su consecuente ahorro de energía. [7]

SERVO PRENSA ELÉCTRICA

Vienen equipadas con servomotores en lugar de cilindros hidráulicos.

Un servomotor es un motor de velocidad variable en el que se puede controlar la posición angular del eje mediante un microcontrolador y un potenciómetro.

Su precio es superior al de las prensas hidráulicas; no obstante, los costos de operación son más bajos.



Figura 4. Componentes básicos de un servomotor.

Son muy precisas y su mantenimiento es mucho menor que en las plegadoras hidráulicas. No necesitan mesa de compensación de flexiones y son máquinas de última generación. Gracias a los accionamientos eléctricos las plegadoras permiten altas dinámicas en carreras cortas, que reducen al mínimo el riesgo y al mismo tiempo garantizan un ahorro de tiempo importante.

Según el tipo de utilización, garantiza un ahorro energético del 70 al 90%; de hecho, la máquina utiliza la potencia sólo cuando se requiere. Además, la plegadora elimina también los tiempos de espera, reduciendo el tiempo de plegado hasta el 25%. [9]

3.10 ESTERILIZADORES

Hoy en día se clasifican los diferentes mecanismos de esterilización en dos sistemas: por cargas y en continuo. La diferencia entre ellos radica en que el primer sistema se trabaja con autoclaves con un sistema en discontinuo que dificulta la automatización de la línea de producción, y en el segundo con esterilizadores en continuo en el que el producto se hace circular todo el tiempo en que el esterilizador este en marcha.

Para la confección de este modelo, lo primero que se realizó fue corroborar que se tratase de una autoclave de carga. Ya que, si se tratase de un esterilizador continuo, no hay posibilidad de generar un ahorro mayor en esta etapa del proceso.

Se sabe que los esterilizadores continuos generan un ahorro energético de entre 40 y 50%, por lo que se basa el modelo en este aspecto.

Si se trata de un esterilizador de carga, se calcula el valor de la máquina, la cantidad mensual consumida de energía [KWH/MES] y de agua [M³]. Estos datos los provee la empresa, o en el caso del valor de la máquina, se puede calcular dependiendo de los años de antigüedad de la misma.

Basándonos en estos datos, se procede a calcular el consumo de energía eléctrica y de agua, teniendo en cuenta el ahorro que fue mencionado anteriormente que tienen lo esterilizadores continuos.

Los costos de consumibles y gases son despreciables, no por el hecho de ser insignificantes, sino porque estos son casi los mismos.

4 RESULTADOS

Tras haber trabajado en la aplicación de los modelos y en su diseño de modo que sea más amigable visualmente con el usuario, se logró un formato que permite manejarlo con fluidez y automatizando la entrega de resultados luego de ingresar manualmente los datos que debe facilitar la empresa que pretenda conocer la potencial mejora de eficiencia. Para esto se utilizó Visual Basic de Microsoft Excel.

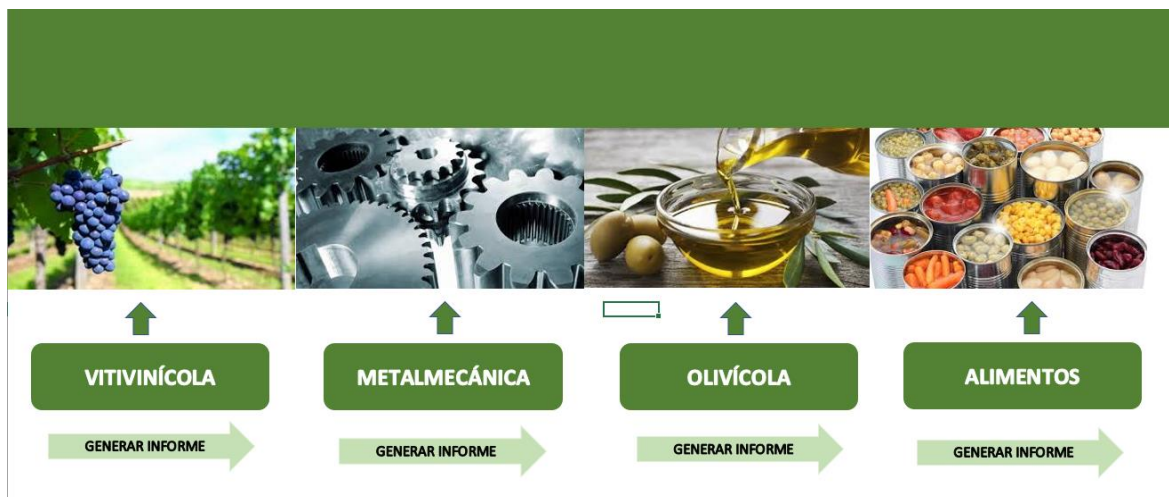


Figura 1. Modelo. Sectores Industriales.



Figura 2. Modelo. Industria Vitivinícola.

MOTORES ELÉCTRICOS

DATOS PLACA CARACTERÍSTICA

POTENCIA NOMINAL

CORRIENTE NOMINAL

TENSION NOMINAL [

RENDIMIENTO [%]

COS FI

DATOS DE MEDICIÓN

CORRIENTE ABSORBIC

COS FI

VELOCIDAD ANGULAR

TORQUE [KGM]

VARIABILIDAD DE LA C

OTROS DATOS

CODIGO DEL MOTOR

HORAS DE USO DIARI

PRECIO ACTUAL KWH

NOMBRE CLIENTE

Figura 3. Modelo. Carga de datos para Motores eléctricos.

DATOS						
CLIENTE	CANTIDAD DE BOMBILLAS	POTENCIA [W]	HORAS DE USO POR DIA	COSTO KWH [\$]	PRECIO BOMBILLA LED [\$]	POTENCIA BOMBILLA LED [W]
Martinez	10	100	8	2,45	110	15
Bodega Norton	10	100	8	2,45	110	15
AVA S.A.	10	100	8	2,45	110	15
IMPESA	10	100	8	2,45	110	15
LAUR	10	100	8	2,45	110	15

Figura 4. Modelo. Base de Datos para Iluminación. Datos.

CÁLCULOS			
CONSUMO TOTAL POR AÑO [KWH]	CONSUMO TOTAL POR AÑO CON LED [KWH]	COSTO MONETARIO ACTUAL ANUAL [\$]	COSTO MONETARIO ANUAL CON LED [\$]
0	0	\$ 0,00	\$ 0,00
1920	288	\$ 4.704,00	\$ 705,60
1920	288	\$ 4.704,00	\$ 705,60
1920	288	\$ 4.704,00	\$ 705,60
1920	288	\$ 4.704,00	\$ 705,60
1920	288	\$ 4.704,00	\$ 705,60

Figura 5. Modelo. Base de Datos para Iluminación. Datos Calculados.

RESULTADOS			
AHORRO ENERGÉTICO ANUAL [KWH]	AHORRO MONETARIO ANUAL [\$]	INVERSIÓN [\$]	PERIODO DE RECUPERO [MESES]
0	\$ 0,00	\$ 0,00	#[DIV/0!]
1632	\$ 3.998,40	\$ 1.100,00	3
1632	\$ 3.998,40	\$ 1.100,00	3
1632	\$ 3.998,40	\$ 1.100,00	3
1632	\$ 3.998,40	\$ 1.100,00	3
1632	\$ 3.998,40	\$ 1.100,00	3

Figura 6. Modelo. Base de Datos para Iluminación. Resultados.

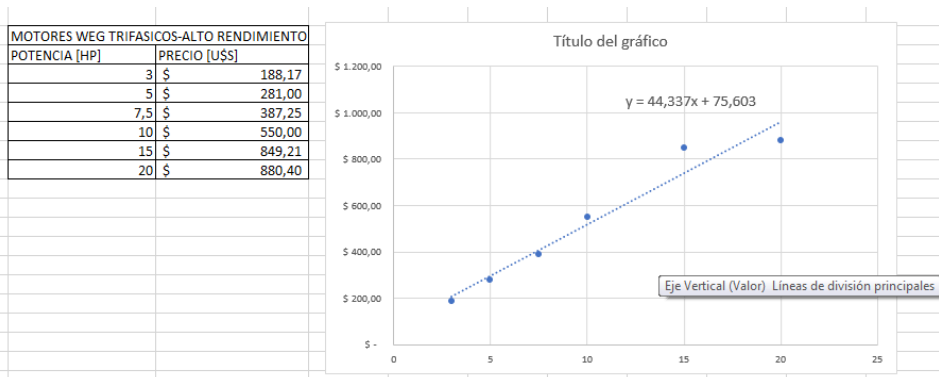


Figura 7. Cálculo aproximado del precio de un motor eléctrico en función de su potencia.

INFORME INDUSTRIA ALIMENTICIA								LIMPIAR INFORME
MOTORES								
DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR	CAMBIO DE MOTOR	POTENCIA NUEVO MOTOR	INVERSION NUEVO MOTOR	VARIADOR DE FRECUENCIA	EFICIENCIA ACTUAL	MEJORA DE EFICIENCIA PROYECTADA	AHORRO ENERGÉTICO ANUAL	AHORRO MONETARIO ANUAL
ILUMINACION								
AHORRO ENERGÉTICO ANUAL [KWH]	AHORRO MONETARIO ANUAL [\$]	INVERSIÓN [\$]	PERIODO DE RECUPERO [MESES]					
ENERGIA GEOTÉRMICA								
POTENCIA ELÉCTRICA NECESARIA [KW]	AHORRO ENERGÉTICO ANUAL [KWH]	AHORRO MONETARIO ANUAL [\$]	INVERSIÓN [US\$]	PERIODO DE RECUPERO [AÑOS]				

Figura 8. Modelo. Informe generado para la Industria Alimenticia.

5 CONCLUSIÓN

Dado el gran potencial de mejora que se ha relevado en las empresas de Mendoza con respecto a la eficiencia energética, principalmente en las pymes, donde se observó que no hay muchos conocimientos sobre la misma, se recomienda el uso del modelo desarrollado. Los posibles cambios y mejoras que se obtendrán como resultados para aplicar, permitirán una reducción del consumo de la energía, y como consecuente la disminución de su costo y su demanda.

Aunque el estudio se realizó para la provincia de Mendoza y en forma general para cada industria, estos modelos podrían extender su aplicación a otros territorios del país y profundizarse más a cada cliente si así lo requiere.

Los principales efectos de su aplicación serían entonces, el ahorro económico y energético de las empresas, mejorando así la sustentabilidad de la provincia y disminuyendo notablemente el impacto ambiental que se generan por estas industrias.

6 REFERENCIAS

- [1] Subsecretaría de Ahorro y EE. (noviembre del 2017). *Guía de EE para motores eléctricos*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_eficiencia_energetica_para_motores_electricos.pdf
- [2] Lukaszczyk, M. (19/07/2012). Interempresas: Determinar la carga de un motor eléctrico es esencial para el rendimiento energético. <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/98865-Determinar-la-carga-de-un-motor-electrico-es-esencial-para-el-rendimiento-energetico.html>
- [3] Giorgetti, J. (05/01/2018). ME Máquinas y Equipos: Eficiencia energética a través de la correcta elección de los compresores de aire. Buenos Aires, Argentina. <https://maquinasyequipos.com.ar/eficiencia-energetica-eleccion-de-los-compresores-de-aire-sullair/#:~:text=En%20este%20cl%C3%A1sico%20sistema%20el,los%20consumos%20generalmente%20son%20variables.>
- [4] Camarco, D.(02/10/2017). ISSUU: Revista construcciones. Argentina. https://issuu.com/camarco/docs/revista_construcciones_n_1268/90
- [5] Trillo, G y Angulo, V. (2007). Comunidad de Madrid: Guía de la Energía Geotérmica. Madrid, España. <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGuia+de+la+Energia+Geotermica.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202762551437&ssbinary=true>
- [6] Fanuc GE CNC España, S.A. (10/06/2009). Interempresas: Cómo ahorrar energía durante el mecanizado. <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/31981-Como-ahorrar-energia-durante-el-mecanizado.html>
- [7] [Jan Komsta](#), [Jeff Grube](#), and [Werner Wolf](#). (27 de marzo de 2014). The fabricator: Haga que la actualización de su prensa tenga un consumo óptimo de energía. <https://www.thefabricator.com/thefabricatorenespanol/article/arcwelding/haga-que-la-actualizaci-n-de-su-prensa-tenga-un-consumo-ptimo-de-energ-a>
- [9] Salvagnini Ibérica. (10/03/2010). Interempresas: Plegadoras eléctricas Salvagnini E2: dinámicas superiores. <https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/38393-Plegadoras-electricas-Salvagnini-E2-dinamicas-superiores.html>

Gestión Económica de la Innovación Tecnológica: Un Análisis Transversal de Aplicación a Escala Mundial

Valencia, Aracely*; Andino, Rodrigo; Melara, César

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

San Salvador, El Salvador.

00164415@uca.edu.sv; 00042013@uca.edu.sv; cmelara@uca.edu.sv

RESUMEN.

Ahora en día, las decisiones de inversión pasan por un proceso de gestión económica con el propósito de adaptar a las organizaciones a un contexto globalizado y cambiante. Estas decisiones individuales repercuten sobre el comportamiento sectorial y macroeconómico, resultando en brechas de crecimiento económico y tecnificación de las actividades industriales entre países. Por ello, este artículo tiene como objetivo analizar diferentes agrupaciones de manera transversal respecto a los determinantes de la innovación tecnológica y las condiciones de la gestión económica de la innovación asociados al potencial innovador a corto plazo; esto se lleva a cabo por medio de un análisis estadístico multivariante, principalmente por la metodología de Clúster Jerárquico aplicado a los datos de 129 países del Índice Global de Innovación. Como resultado se identifica que los países con mayor nivel de innovación son clasificados como países desarrollados, los cuales poseen actividades industriales y de servicios de alto contenido tecnológico, por otra parte, el conglomerado con innovación intermedia engloba a los países emergentes que desempeñan actividades industriales diversificadas, mientras que los países sub desarrollados se caracterizan por actividades industriales de poco valor agregado y desarrollo tecnológico. A la vez, se identifica un grupo de países con características atípicas de innovación.

Palabras Claves: Innovación Tecnológica, Índice Global de Innovación, Gestión Económica.

ABSTRACT.

Nowadays, investment decisions go through an economic management process with the purpose of adapting organizations to a globalized and changing context. These individual decisions have repercussions on sectoral and macroeconomic behavior, resulting in gaps in economic growth and modernization of industrial activities between countries. For this reason, this article aims to analyze different groupings in a transversal way regarding the determinants of technological innovation and the conditions of the economic management of innovation associated with short-term innovative potential; This is carried out by means of a multivariate statistical analysis, mainly by the Hierarchical Cluster methodology applied to the data of 129 countries of the Global Innovation Index. As a result, it is identified that the countries with the highest level of innovation are classified as developed countries, which have industrial and service activities with a high technological content, on the other hand, the conglomerate with intermediate innovation includes emerging countries that carry out diversified industrial activities, while the underdeveloped countries are characterized by industrial activities with little added value and technological development. At the same time, a group of countries with atypical innovation characteristics is identified.

Keywords: Technological Innovation, Global Innovation Index, Economic Management.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico e industrial se presenta bajo diferentes aristas, una de las cuales se encuentra relacionada con la innovación tecnológica y las condiciones derivadas de la gestión económica de la misma, tanto a nivel microeconómico como a nivel agregado, es por ello que se ha convertido en uno de los temas más importantes que se abordan en las agendas gubernamentales. Precisamente, en [1] se menciona que la innovación tiene un papel central en la dinámica de la economía, ya que las variables explicativas del progreso técnico son endógenas, tales como educación, investigación y desarrollo experimental e innovación.

Añadido a esto, la capacidad de generación de un stock de conocimientos determina de manera *cuasi* directa a las condiciones de aplicación de innovación a nivel industrial, lo que marca una triada sobre la clasificación de los países a nivel mundial basado en condiciones económicas, tecnológicas y de nivel de ingreso.

En este sentido, surge la necesidad de comprender los procesos que se encuentran *a priori* y *a posteriori*, en función de la innovación, dentro de los cuales resulta relevante la gestión económica. Precisamente, la gestión económica hace referencia a mejoras en el uso de los recursos públicos orientándolos a programas de incentivos a la inversión, educación e infraestructura; en función de la realidad social cambiante [2]. Además, el concepto es perfectamente aplicable a nivel empresarial en relación con el uso y maximización de los recursos de producción, así como de las prácticas gerenciales modernas.

La gestión económica de la innovación es reflejada en los resultados del potencial innovador de las economías. *A priori*, se puede establecer que los países con mayor potencial innovador a nivel mundial se caracterizan por realizar actividades industriales y de servicios diversificadas, en contraste con los países subdesarrollados y con menor potencial innovador, los cuales batallan con industrias de poco contenido tecnológico y relativa menor competitividad. En los últimos años ha tomado fuerza el grupo de los países emergentes, los cuales configuran un clúster de potencial intermedio de innovación debido a la diversificación de las actividades industriales, sin embargo, poseen menores niveles de absorción de innovación a nivel macroeconómico.

La diferencia entre los grupos se encuentra marcada por condiciones del aparato productivo, desarrollo de los mercados internos y extorno macro-fiscal, sin embargo, la gestión económica de la innovación es un factor que acentúa las ventajas/desventajas de estos países en el contexto de las Cadenas Globales de Valor (CGV) y el acceso a nuevos mercados.

Para la realización de las mediciones se hace uso del Índice Global de Innovación, el cual recopila datos sobre 129 países en torno a 7 pilares, los cuales son analizados para estudiar los agrupamientos resultantes del análisis estadístico.

Respecto a la estructura de la investigación, posterior al apartado introductorio se detalla un marco conceptual, seguido de la revisión y aplicación de la metodología de análisis estadístico, para concluir con la presentación y análisis de los resultados en función de las categorizaciones de grupos de países en función de la innovación tecnológica.

2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

El objetivo de la investigación es realizar un diagnóstico sobre los determinantes de la innovación en diferentes agrupamientos (clúster), para la identificación de los agentes económicos y procesos relacionados con la gestión económica de la innovación.

3. MARCO CONCEPTUAL.

En la actualidad, los procesos de globalización dirigen los movimientos de factores productivos y de capitales hacia Cadenas Globales de Valor (CGV), las cuales permiten la maximización de los procesos productivos. Además, las actividades que se realizan en la empresa continúan siendo tema de estudio de la ciencia económica, esto ya que cumplen un rol crucial en el esquema estratégico de las organizaciones (públicas o privadas), en una integración de actividades enfocadas en la obtención de mejores resultados y manejo de recursos, que permitan efectividad a nivel microeconómico que se traslade hacia un robustecimiento del entramado productivo.

Una de las muchas implementaciones del concepto de gestión es la gestión económica, la cual implica la adaptación al entorno económico en el proceso de toma de decisiones de cualquier organización. Añadido a esto, se sabe que la innovación es una fuente de cambio y mejora continua, que está íntimamente vinculada al perfeccionamiento de los conocimientos técnicos y, en consecuencia, en el desarrollo de métodos para aplicar dichos conocimientos en cualquier área del saber [2].

El traslape entre la gestión económica y la gestión de la innovación busca asegurar el correcto manejo de los recursos dispuestos a la tarea de crear e implementar la innovación. Precisamente,

la innovación debe que encajar en las estrategias de los responsables de la gestión económica, de cara a situar la innovación en su relación directa con los recursos económicos [2].

Además, el manejo microeconómico de la gestión económica de la innovación genera patrones tecnológicos a nivel industrial que son visibles en el desempeño macroeconómico y de los mercados de un país. Joseph Schumpeter, fue el economista más remarcado en establecer la relación entre la gestión de las inversiones en innovación a nivel empresarial y la conexión con el desempeño macroeconómico. Por lo cual, en el proceso innovador es posible identificar a dos agentes económicos principales: los empresarios (por medio de la gestión de los factores productivos, inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) y aplicación del conocimiento en los procesos productivos); y el Estado (ente encargado de gestionar los Aspectos Socio Culturales (ASC) que condicionan el ecosistema de la innovación en cuanto al stock disponible de conocimiento y robustecimiento de mercados nacionales con alcance internacional).

4. DATOS Y METODOLOGÍA.

4.1. Datos.

La investigación se enfoca en identificar los procesos y agentes económicos relacionados a la gestión económica de la innovación tecnológica, en relación con el potencial innovador de las economías a corto y mediano plazo. Condiciones que son identificables en el Índice Global de Innovación, el cual es un índice normalizado compuesto por siete pilares, con una unidad de medición que va de 1 a 129, lo que se aplica al índice y a cada uno de los pilares del mismo, y comprende que 1 corresponde al país con mejores niveles de innovación. Tal como se muestra en [3], el índice expresa facetas multidimensionales de la innovación para fomentar el crecimiento económico a largo plazo, productividad y un mayor nivel de empleo. Se amplía la visión de la innovación, fundamentando el análisis en diversas aristas del desempeño de los países, de las cuales, la economía es fundamental para la consolidación y resultado de los procesos de innovación.

De esta manera se estudian variables de entrada en el proceso innovador, y variables de salida. Las cuales son:

Tabla 1. *Pilares del Índice Global de Innovación* [4]

Variables de Entrada	Variables de Salida
<ul style="list-style-type: none"> • Instituciones • Capital humano e investigación • Infraestructura • Sofisticación de mercado • Sofisticación de negocios 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y tecnología • Creatividad

4.2. Análisis Multivariante.

Se utiliza la metodología de clúster jerárquico intergrupar, el cual combina grupos en función de que la distancia promedio dentro de cada conglomerado sea la menor posible con una especificación de la medida de las distancias calculadas por el método de distancia cuadrada euclidiana. Se utilizó el método disociativo de jerarquización, por medio del cual se realiza la clasificación en cuatro agrupaciones.

El Análisis Clúster, también conocido como Análisis de Conglomerados, Taxonomía Numérica o Reconocimiento de Patrones, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos (clúster en inglés) de forma que los perfiles de los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y los de los objetos de clúster diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo) [5].

5. RESULTADOS.

El análisis Clúster realizado para el Índice Global de Innovación, para 129 países, muestra como resultado cuatro agrupamientos.

Tabla 2. Clasificación de los Países por Clúster. Índice Global de Innovación 2019

Clúster	Países
Clúster 1 Países de innovación intermedia	Grecia, Vietnam, Tailandia, Montenegro, Rusia, Ucrania, Georgia, Turquía, Rumania, Chile, India, Mongolia, Filipinas, Costa Rica, México, Serbia, Moldavia, Macedonia del Norte, Kuwait, Irán, Uruguay, Sudáfrica, Armenia, Qatar, Brasil, Colombia, Arabia Saudí, Perú, Túnez, Bielorrusia, Argentina, Marruecos, Panamá, Bosnia, Kenia, Bahréin, Kazajistán, Omán, Jamaica, Mauricio, Azerbaiyán, Jordán, Kirguistán, Trinidad y Tobago, Botsuana.
Clúster 2 Países menos innovadores	Argelia, Bangladesh, Benín, Bolivia, Burkina Faso, Burundi, Camboya, Cameron, Cote d'Ivoire, República Dominicana, Ecuador, Egipto, El Salvador, Etiopía, Ghana, Guatemala, Guinea, Honduras, Indonesia, Líbano, Madagascar, Malawi, Mali, Mozambique, Namibia, Nepal, Nicaragua, Nigeria, Níger, Paquistán, Paraguay, Senegal, Sri Lanka, Tayikistán, Tanzania, Togo, Uganda, Yemen, Zambia, Zimbabue.
Clúster 3 Países más innovadores	Suiza, Suecia, Estados Unidos, Países Bajos, Reino Unido, Finlandia, Dinamarca, Singapur, Alemania, Israel, Corea, Irlanda, Hong Kong, China, Japón, Francia, Luxemburgo, Noruega, Islandia, Austria, Australia, Bélgica, Estonia, Nueva Zelanda, República Checa, Malta, Chipre, España, Italia, Eslovenia, Canadá, Portugal, Hungría, Letonia, Malasia, Emiratos Árabes Unidos, Eslovaquia, Lituania, Polonia, Bulgaria, Croacia.
Clúster 4 Países con características atípicas de innovación	Brunéi Darussalam, Ruanda

Posterior a las agrupaciones, se procede a calcular los intervalos de confianza por proporción en poblaciones, con el objetivo de estimar la proporción con la que una peculiaridad existe o no dentro de una determinada población. Tomando un 95% de confianza, equivalente al 5% de significancia, se estudia una población de 129 países con un Z de alpha medios de 1.96.

Tabla 3. Intervalo de Confianza por Clúster del Índice Global de Innovación

Clúster	Intervalo de confianza (Países)
1	(34 , 57)
2	(30 , 51)
3	(31 , 52)
4	(1 , 5)

Como resultado, se determina que el 36% de los países se encuentran agrupados en el primer clúster, mientras que el 31% y 32% corresponden a los grupos 2 y 3, respectivamente; por su parte, en el cuarto clúster se agrupa el 1% de países restantes.

6. DISCUSIÓN.

6.1. Países de Innovación Intermedia.

El primer agrupamiento clasifica a los países con innovación intermedia, de los cuales el 32.61% son parte del territorio de Europa continental, seguido por Asia (30.43%), América (23.91%) y África (13.04%). Los países más representativos con niveles medios de innovación en Asia son Vietnam (42), Tailandia (43) y Turquía (49); los cuales sobresalen por sus niveles de capital humano, sofisticación de negocios y resultados de conocimiento y tecnología. Por su parte, en América; Chile (51), Costa Rica (55) y México (56), son los países con mayor capacidad de innovación a nivel intermedio del continente; de los cuales, Chile y México destacan por el desarrollo institucional, capital humano, infraestructura, sofisticación de mercados y resultados de conocimiento. Al respecto de África, se destaca Sudáfrica, país que posee niveles competitivos en términos de instituciones (55), capital humano (65) y sofisticación de mercado (19). Los cuales superan los niveles continentales de innovación.

Es posible señalar la existencia de un grupo heterogéneo de países, los cuales poseen diversos niveles de desarrollo, sin embargo, la mayoría se clasifican como países emergentes y

subdesarrollados; siendo los primeros, los que presentan mejores niveles de innovación media. En general, este clúster se caracteriza por su fortaleza en torno al capital humano, instituciones e infraestructura, lo que potencia las capacidades de innovación a corto y mediano plazo. Si bien, existen esfuerzos en la generación de innovación, el resultado de las misma presenta aspectos de mejora en términos de salidas creativas.

En el agrupamiento se identifican países con industrias de alto valor agregado y desempeño tecnológico, tales como industria petroquímica, cemento y construcción, bebidas, alimentos, industria automotriz y aeroespacial; por lo cual, a nivel de conglomerado, la estructura productiva debela una actividad industrial diversificada, ya que si bien, existen industrias de baja intensidad tecnológica, también aplica para rubros de alta intensidad tecnológica. Lo que se relaciona directamente con las capacidades medias de innovación de la economía.

En general, este conjunto está compuesto por países emergentes, los cuales se caracterizan por niveles de desarrollo socioeconómico superiores a los clasificados como en “vías de desarrollo” (*ceteris paribus*). Factor determinado por mayores niveles de crecimiento y capacidad de inversión en educación, infraestructura y tecnología, lo que favorece a las entradas del proceso de creación de la innovación tecnológica.

6.2. Países Menos Innovadores.

Este grupo de países posee menores niveles innovación y de potencial innovador a corto plazo, el cual está representado en un 60% por países del continente africano, mientras que América y Asia tienen una participación del 20% cada uno.

Los países con menor capacidad de innovación en África son Burundi (128), Nigeria (114) y Togo (126), los cuales presentan mayor dificultad en términos de capital humano, infraestructura, sofisticación de negocios y salidas creativas. Estos países, son catalogados como países de extrema pobreza y subdesarrollo. En Burundi, se estima que el 66.9% de la población vive en condiciones de pobreza, además, únicamente el 7% del territorio posee carreteras asfaltadas, lo que evidencia las debilidades en términos de infraestructura en general e infraestructura de comercio. Las condiciones de pobreza son bastante similares entre los países africanos previamente mencionados, aunado a condiciones de educación sumamente limitadas [6].

Al respecto del continente asiático, se mantiene la caracterización de las limitantes reflejadas en África, siendo Yemen (129), el país con menor capacidad de innovación a corto plazo en dicho continente. Asimismo, en este grupo se encuentran los países de la región centroamericana (a excepción de Costa Rica y Panamá), Bolivia (110), Ecuador (99), Paraguay (95), y República Dominicana (87); los cuales presentan condiciones socioeconómicas similares, siendo Nicaragua, el país con peores condiciones de innovación a nivel del continente americano.

Este grupo de países presenta mayores obstáculos en términos de la sofisticación de mercados y negocios, así como de las salidas creativas en cada economía. La región centroamericana, se caracteriza por su producción primaria – industrial, basada principalmente en granos básicos, textiles y bebidas. En [7] se menciona que la industria manufacturera es el motor de la economía de Guatemala, Honduras y El Salvador; mientras que, para Nicaragua, el crecimiento económico se basa en agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Uno de los países que destaca a nivel suramericano es Bolivia, el cual, tal como menciona en [8], tiene como principales industrias las relacionadas con el refinamiento de azúcar, alimentación, bebidas, cuero, minería, textiles, cemento, papel y muebles.

En consecuencia, a nivel de américa latina, las industrias que predominan en la estructura económica de los países menos innovadores son ramas de actividad de baja intensidad tecnológica, en algunos casos de intensidad media, sin embargo, esto último se presenta de manera aislada. El mismo fenómeno se mantiene para los demás países ubicados en Asia y África.

6.3. Países Más Innovadores.

El conjunto de países clasificado en este clúster obedece a países con los mayores niveles de desarrollo y crecimiento económico a nivel mundial. En general, son países cuyos estándares y niveles de vida superan las condiciones normales de un país emergente y en vías de desarrollo. Se destaca la participación del continente europeo con un 70.7%, seguido del 19.5% de países asiáticos, además de una participación de 4.9% para América y Oceanía.

Entre los países con mejores niveles de innovación pertenecientes a Europa se encuentra Suiza (1), siendo a su vez el país con mayores capacidades de innovación a nivel mundial, seguido por Suecia (2), Países Bajos (4) y Reino Unido (5); los cuales ostentan sobresalientes instituciones, resultados de conocimiento y tecnología; y salidas creativas.

En el caso de Asia los principales representantes son Singapur (8), Israel (10), República de Corea (11) y Hong Kong (13). Cuyas fortalezas se basan en la sofisticación de mercados y de negocios,

resultados de conocimiento y tecnología, y salidas creativas. De esta manera, los países que forman parte del tan conocido milagro asiático (termino planteado en [9]), figuran dentro del grupo más innovador a nivel mundial; y como es bien conocido, estos países pasaron de condiciones ínfimas de crecimiento económico a un desarrollo industrial y de mercado que ha posicionado a estas economías como parte importante de las cadenas globales de valor.

Para el caso de América los países representantes son Estados Unidos (3) y Canadá (17). Sobresaliendo en instituciones, capital humano, infraestructura y sofisticación de mercados. Por último, en Oceanía se encuentra Australia (22) y Nueva Zelanda (25), cuyos pilares potenciadores de la innovación (principalmente) son infraestructura, sofisticación de mercados y de negocios.

A nivel de conglomerado la infraestructura, sofisticación de negocios y salidas creativas; son el fundamento de las capacidades de innovación de estas economías. Por lo que, a diferencia de los agrupamientos anteriores, este clúster posee fortaleza tanto en las entradas como en los resultados de la innovación, mostrando una mayor capacidad de generación y adopción de tecnología. Este es un punto clave, ya que pone la huella en el tintero sobre el tema de la rentabilidad de la innovación, ya que en países cuyas capacidades de generación de conocimiento son reducidas, existen mayores dificultades para el incremento de los resultados de la innovación en la economía, lo que implica que inicialmente debe existir un esfuerzo más que proporcional para generar las condiciones mínimas de un ecosistema para sentar las bases del dinamismo de la innovación.

Este conjunto de países se enfoca más en la sofisticación de los negocios para el fortalecimiento de la innovación, debido a que han superado la brecha promedio en las condiciones institucionales y de capital humano. Este desarrollo sienta las bases para la creación del conocimiento y la apertura a un refinamiento de las condiciones que dinamizan a la innovación a corto plazo.

A nivel industrial se identifica preponderancia respecto a países pertenecientes a la Unión Europea, los cuales, a nivel regional destacan por desarrollar las actividades más avanzadas tecnológicamente a nivel mundial. Las principales industrias se basan en productos farmacéuticos, equipo aeroespacial, vehículos comerciales y de construcción, equipos industriales y de energía eléctrica, alimentos, bebidas, muebles, papel y textiles [10]. Estas actividades son rubros de alto contenido tecnológico, sin embargo, también destacan actividades con intensidad tecnológica media y baja. A pesar de esto, el refinamiento y dinamismo de las industrias tecnológicas ha permitido una diversificación de las actividades industriales, generando una matriz productiva competitiva e innovadora.

En conjunto con el dinamismo industrial, las actividades de servicios tienen un papel importante en el desenvolvimiento de este conjunto de economías, en especial, el sector financiero, de transporte y comercio; los cuales destacan por ser servicios de alto contenido tecnológico y de innovación. Por lo que, este conjunto de países posee un sistema productivo sólido (en términos generales) en conjunto con un sistema financiero y de servicios hacia el cual se han dirigido esfuerzos innovadores y de competitividad en los últimos años.

6.4. Países con Características Atípicas de Innovación.

Se identifican dos países dentro de este grupo. En el primer puesto se encuentra Brunei Darussalam (71) perteneciente al continente asiático, seguido por Ruanda (94) país perteneciente al continente africano.

El comportamiento atípico obedece a condiciones de extrema desigualdad en términos del desempeño de los factores relacionados a la innovación. Relacionado al capital humano e instituciones; poseen niveles sumamente competitivos, equiparables con los países más innovadores del mundo. Mientras que, en sofisticación de negocios, resultados de conocimiento y tecnología, y salidas creativas; experimentan retrasos similares a los países menos innovadores.

Para el caso de Brunei Darussalam los pilares que dinamizan su desarrollo innovador son las instituciones con una efectividad gubernamental (26), que facilita la apertura de negocios y apoyo a la regulación salarial. La sofisticación de mercados (17), está fundamentada en la facilidad para proteger a los inversores minoritarios y la fácil adquisición de créditos; entre tanto, la sofisticación de negocios (45) apuesta por el empleo intensivo en conocimiento y la colaboración de investigaciones en universidades e industrias, además de los acuerdos de alianza estratégica.

Finalmente, Ruanda es un país que muestra un desempeño institucional estable y efectivo, debido al apoyo y regulación salarial, lo que favorece el clima de negocios por medio de la sofisticación de mercados (38) a través de la facilidad en la obtención de créditos y préstamos brutos, añadido a una factibilidad de protección a los inversionistas minoritarios y la aplicación por promedio ponderado de la tasa arancelaria.

6.5. Consideraciones sobre la Gestión Económica en los Conglomerados de Innovación.

La competitividad industrial y sectorial es heterogénea entre los diversos grupos de países, y a la vez, está ligado a las CGV en las cuales se insertan los mismos; siendo los países más desarrollados y emergentes los que agrupan la producción industrial de alto valor agregado, mientras que los países en vías de desarrollo, continúan con una matriz productiva de bajo valor agregado.

Los países menos innovadores se encuentran en la primera etapa de desarrollo industrial, ya que apuestan la mayoría de sus esfuerzos en las producciones manufactureras de baja intensidad tecnológica, así como en la producción agrícola y servicios de consumo. Elementos que se ven acompañados por los bajos niveles de inversión en I+D y educación, dificultando así, la cantidad de profesionales con los conocimientos necesarios para laborar en industrias de alta tecnología. La gestión económica se ve comprometida y encausada por las deficiencias en la formación del capital humano, así como de factores socio – políticos, lo que limita la capacidad de redirigir recursos hacia rubros enfocados en el fortalecimiento de la innovación tecnológica y gasto en I+D a nivel gubernamental. Mientras que, en términos microeconómicos, la dinámica de las empresas está enfocada en la competitividad de costos basada en costos laborales unitarios, lo que dificulta la gestión económica a nivel de la firma, debido a la falta de recursos enfocados en la innovación.

A nivel intermedio de innovación, se incorporan países que se encuentran en la etapa avanzada del desarrollo industrial, sin embargo, el dinamismo no se aplica con tal rigurosidad hacia los sectores de servicios avanzados tecnológicamente; asimismo, son países favorecidos por recursos naturales y energéticos, así como de los flujos de Inversión Extranjera Directa (IED) que han dinamizado el crecimiento, potenciando las capacidades de los sectores de servicios y manufactura mediana. En términos de la gestión económica, existe una ralentización respecto a la aplicación gubernamental de la misma en función de la transparencia, clima de negocios e incentivo de la producción y consumo nacional; así como al aprovechamiento de los recursos naturales en función de una mejor administración a nivel de los factores de producción.

El accionar gubernamental en función del aprovechamiento de los recursos naturales y públicos, condiciona la gestión económica a nivel empresarial, siendo el contexto social y político un elemento de riesgo e incerteza para la aplicación de innovación tecnológica a nivel de procesos productivos, así como en la articulación de estrategias de comercialización. Lo que implica un redireccionamiento de los recursos privados en función del contexto macroeconómico generado por la gestión pública de los recursos naturales y finanzas públicas.

Por su parte, el grupo más innovador del mundo se enfoca en industrias y servicios de alta intensidad tecnológica, teniendo un sistema industrial y financiero sólido; reflejando madurez industrial que es capaz de traspasar la innovación hacia otros procesos y sectores productivos. Además, poseen la capacidad de convertir la inversión en I+D en resultados concretos, lo que va de la mano de políticas y buenas prácticas que fomentan la innovación y generación de conocimiento.

Según se expone en [11], estos países poseen las economías más competitivas en el mundo, gracias al sector de servicios de fuerte valor agregado y a un sector industrial especializado, así como un capital humano altamente cualificado, por lo que la gestión económica realizada del sector público se ha enfocado en la generación de incentivos y medios para posibilitar buenas prácticas de innovación tecnológica a nivel del sector industrial y de servicios, generando valor agregado de alta calidad y especialización, generando un ecosistema de la innovación tecnológica que es propicio para la adopción de buenas prácticas de la gestión económica a nivel empresarial en función de un contexto cambiante y dinámico.

Por su parte, los países con características atípicas de innovación, poseen un alto nivel de efectividad en algunos aspectos de la gestión pública, tales como la facilitación en la apertura de negocios y apoyo a la regulación salarial, al mismo tiempo se presenta una sofisticación de mercados fundamentada en la facilidad para proteger a los inversores minoritarios y la fácil adquisición de créditos. Por otra parte, en [12], estos países centran sus recursos en la seguridad pública y el disfuncionamiento de las instituciones frena la innovación tecnológica, genera burocracia y el acceso a las licencias ilegales en la adquisición de las concesiones. Este fenómeno limita el accionar de ciertos sectores productivos.

Para concluir, es importante recalcar que las disparidades en términos de desarrollo se reflejan en las capacidades de innovación de los países y el papel que juega la innovación respecto a la competitividad y gestión económica a nivel gubernamental y empresarial. Según [13], se puede aseverar que, para elevar la competitividad por medio de la innovación, los esfuerzos de las entidades se tienen que incrementar en materia de inversión en actividades de investigación y desarrollo, lo que incluye a su vez la formación de personal, no solo de forma práctica con las nuevas tecnologías, sino también en el conocimiento científico y los servicios tecnológicos necesarios para el manejo de las mismas.

La competitividad va de la mano de la necesidad de innovar, de este modo se dinamiza no solo la economía sino también el nivel del conocimiento y desarrollo de una economía.

7. CONCLUSIONES.

La gestión económica de la innovación tecnológica en función de la administración de los recursos productivos marca un punto de partida para comprender los resultados del proceso de innovación y el estadio de desarrollo industrial en las diferentes economías. Las ramas de actividad económica se circunscriben en un entramado de relaciones productivas, por lo cual, la gestión económica a nivel microeconómico influye sobre patrones de innovación identificables en el crecimiento económico y competitividad industrial en las CGV. Empero, las consideraciones sectoriales se fundamentan en cierta medida en el contexto de gestión de los recursos que realiza el sector público (*ceteris paribus*), *ipso facto*, los patrones de inversión en educación, infraestructura, así como la estabilidad político-económica; inciden sobre las decisiones de inversión, así como en las condiciones de los mercados internos que llegan a limitar o favorecer la rentabilidad económico-social de los procesos de innovación generados a nivel empresarial y gubernamental, lo cual demarca la capacidad de adaptación de los agentes económicos ante modificaciones en los mercados.

El contexto tecnológico actual representa una oportunidad para la innovación tecnológica, así como para el surgimiento de nuevos mercados, sin embargo, es un proceso que requiere de gestión de manera transversal con el fin de generar un desarrollo homogéneo que permita mejoras integrales entre las diversas regiones a nivel mundial.

8. REFERENCIAS.

- [1] A. Oyala, «Economía de la Innovación y del Cambio Tecnológico: Una Aproximación Teórica desde el Pensamiento Schumpeteriano,» *Revista de Ciencias Estratégicas*, pp. 237-246, 2008.
- [2] M. A. Alizo, A. Graterol y B. Chávez, «Gestión económica vinculada con la innovación y adquisición de tecnológica en los emprendimientos emergentes de negocio tipo PYME,» *Revista Venezolana de Gerencia v.15 n.51*, 2010.
- [3] Universidad de Cornell, INSEAD y Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), «Ficha Técnica Global Innovation Index (GII),» 2019.
- [4] World Intellectual Property Organization (WIPO), «The Global Innovation Index 2015. Effective Innovation Policies for Development,» Johnson Cornell University, 2015.
- [5] M. Figueras, «Lección Estadística,» 2001. [En línea]. Available: <http://ciberconta.unizar.es/leccion/cluster/000F2.HTM#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20Cluster%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido,mismo%20grupo%20sean%20muy%20similares.>
- [6] Actualidad RT, «¿Cómo vive la gente en el país más pobre del mundo?,» 4 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/sociedad/view/145842-viva-gente-pais-pobre-burundi#:~:text=Burundi%20es%20uno%20de%20los,la%20Rep%C3%ABlica%20Democr%C3%A1tica%20del%20Congo.>
- [7] L. Ibarra, «Industria, Agricultura y Comercio: Los Motores de Centroamérica,» *El Economista*, 17 Noviembre 2015.
- [8] E. Buchot, «Industria boliviana,» 2018.
- [9] J. Felipe, «¿Qué es el Milagro Asiático?,» Asian Development Bank, Manila, Filipinas .
- [10] J. Montoya, «Actividades Económicas de Europa».
- [11] S. Banco Santander, «Santander Trade Markets - Suiza: Política y economía,» Junio 2020. [En línea]. Available: <https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/suiza/politica-y-economia.>
- [12] Universidad Autónoma de Baja California, México, «Las condiciones determinantes del desarrollo económico en los países posbélicos periféricos: El caso de Ruanda y República Democrática del Congo,» Sincronía, núm. 76 Universidad de Guadalajara, México, 2019.
- [13] L. C. Treviño, «Innovación y Competitividad Empresarial,» Aportes, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, 2002.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Dios por la oportunidad de realizar la investigación.



Innovación y Gestión de Productos

	Título del Trabajo	Código
	Análisis de la demanda y propuesta de elaboración de un producto textil que ayude al control de enfermos de dengue utilizando Big data, nanotecnología, diseño y gestión industrial	CO20-E02
	Diseño e instalación de un equipo que reutiliza aguas y colorantes residuales de la Industria textil tintorera Argentina	CO20-E03
	Visión estéreo para personas no videntes con cámaras de bajo costo	CO20-E04
	Elaboración de un Modelo Referencial para la Gestión del Desarrollo de Productos para Empresas Alimenticias	CO20-E05
	Gestión del ciclo de vida del producto en la Industria 4.0	CO20-E07
	Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería mecánica	CO20-E09
	Desarrollo de un modelo integral para micro redes Eléctricas basadas en energías renovables, localizadas en comunidades rurales remotas	CO20-E11
	Uso de las Tecnologías de la industria 4.0 como ventaja competitiva en las organizaciones	CO20-E12
	Análisis de viabilidad Técnico-Económico para suministrar gas hidrógeno o su mezcla, con gas natural, al transporte vehicular	CO20-E14
	Sistema de iluminación, energía y comunicación fotovoltaico	CO20-E15
	Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas	CO20-E17
	Gestión y aprovechamiento energético de RSU por medio de procesos termoquímicos	CO20-E18
	Posibilidades de uso de la energía solar en la industria boratera	CO20-E19
	Revisión de la situación actual de los neumáticos fuera de uso en Argentina desde el enfoque de la economía circular	CO20-E20
	Evaluación de la factibilidad técnica de la producción de componentes mecánicos de aerogeneradores	CO20-E21
	Herramientas de análisis multicriterios para la selección de residuos lignocelulosos orientados a la producción de biopolímeros	CO20-E22
	Proceso alternativo para la obtención de zinc metálico a partir de silicatos de zinc	CO20-E25
	Evaluación de tanques de la industria vitivinícola local provistos de aislación sísmica	CO20-E28

Análisis de la demanda y propuesta de elaboración de un producto textil que ayude al control de enfermos de dengue utilizando Big data, nanotecnología, diseño y gestión industrial

Lima Gonzalo, Laura Guadalupe ⁽¹⁾; Lima Gonzalo, Luciano Matías ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.
Ruta 5 y Av. Constitución, Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
lauraglima@yahoo.com.ar llima@unlu.edu.ar*

RESUMEN

Según predicciones, entre el 2020 y el 2030 la industria mundial de productos textiles será afectada por: el crecimiento de los mercados de consumo de vestimenta, el desarrollo de textiles tratados con nanotecnología, el predominio de fibras sintéticas (por falta de tierras y agua para sembrar naturales) y por el despliegue significativo de la industria 4.0 (Big data, diseño industrial); esto provocará cambios en la estructura de la industria.

Dicho contexto será una oportunidad para mejorar la competitividad de la deficitaria industria textil argentina, ya que el país tiene buena capacidad productiva, un extenso territorio destinado para la siembra de fibras textiles naturales y los recursos acuíferos necesarios.

Respecto a los textiles tratados con nanotecnología y la aplicación de la industria 4.0 en los procesos, en este trabajo se explicará un proyecto que se está realizando en el Departamento de Tecnología (junto con el CIDETIC) de la Universidad Nacional de Luján, donde se comenzó por predecir (utilizando ciencia de datos, Big data) las necesidades que habrá en el período 2020-2030 respecto al uso de productos textiles técnicos. En la actualidad se está trabajando sobre un producto textil en particular, donde se aplica internet de las cosas (Big data), diseño y gestión industrial para adaptarlos al contexto y necesidades del consumidor según dónde se comercialice.

Al finalizar el proyecto se determinará la viabilidad y la rentabilidad de dicho producto.

Palabras Claves: Textil - Big data - Nanotecnología - Diseño - Gestión

ABSTRACT

According to predictions, between 2020 and 2030 the global textile industry will be affected by: the growth of consumer clothing markets, the development of textiles treated with nanotechnology, the predominance of synthetic fibers (due to lack of land and water for sow natural) and by the significant deployment of Industry 4.0 (Big data, industrial design); This will cause changes in the structure of the industry.

Said context will be an opportunity to improve the competitiveness of the deficient Argentine textile industry, since the country has good productive capacity, a large territory destined for the planting of natural textile fibers and the necessary water resources.

Regarding textiles treated with nanotechnology and the application of industry 4.0 in processes, this work will explain a project that is being carried out in the Department of Technology (together with CIDETIC) of the National University of Luján, where it began to predict (using data science, Big data) the needs that will be in the period 2020-2030 regarding the use of technical textile products. Currently, work is being done on a particular textile product, where the internet of things (Big data), industrial design and management are applied to adapt them to the context and needs of the consumer depending on where it is marketed.

At the end of the project, the viability and profitability of said product will be determined.

Keywords: Textile - Big data - Nanotechnology - Design - Management

1. INTRODUCCIÓN

La OMS afirma que las actividades humanas están afectando al clima mundial, generando cambios meteorológicos que contribuyen al incremento de casos de dengue en todo el mundo [1].

Por otro lado, predicciones enunciadas por la Fundación Pro-Tejer [2] indicaron que durante el período 2020 – 2030 crecerán los mercados de consumo de vestimenta a nivel mundial, donde predominarán las fibras sintéticas (a falta de naturales vegetales, por destinar las tierras a la siembra de alimentos) y los productos textiles tratados con nanotecnología, para los cuales se emplearán herramientas de Big data y diseño industrial, que son parte de lo que se denomina industria 4.0.

Este panorama futuro es una excelente oportunidad para Argentina, ya que además de ayudar a suplir una necesidad social (como lo es la prevención del dengue) podría mejorar la disminuida competitividad que posee en la actualidad el sector de la industria textil nacional.

En este trabajo los autores del mismo presentarán un producto que están desarrollando en el Departamento de Tecnología junto con el CIDETIC en la UNLu, el cual se trata de una prenda textil de 100% algodón, funcional e inteligente, que viste a la persona, ahuyenta mosquitos y controla la temperatura corporal, uno de los síntomas del dengue. Hay que destacar que el algodón es una fibra textil natural y vegetal, y se trabaja con él porque la cadena algodonera argentina está completa, desde la obtención de la semilla hasta la confección de los bienes.

Para esto, se estuvo empleando Big data (se aplicaron modelos de data science o ciencia de datos, e Internet de las cosas), nanotecnología y diseño y gestión industrial. Si bien este prototipo se encuentra en la etapa de diseño, para mediados del año 2021 se espera determinar si el mismo es viable en la Argentina, y si es posible exportarlo a países afectados por el dengue.

2. MARCO TEÓRICO

Estudios realizados por organizaciones reconocidas a nivel mundial (como por ejemplo, la OMS, la Organización Meteorológica Mundial, entre otras) han afirmado que las actividades realizadas por los hombres están afectando al clima del Planeta, teniendo un efecto nocivo para la salud humana actual y futura, ya que se generan olas de calor, cambios de temperaturas y precipitaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos [1 a 7].

La OMS y la Organización Meteorológica Mundial dicen que el 2019 ha sido probablemente el segundo año más cálido desde que se emplean registros de mediciones instrumentales, en consecuencia, los glaciares se están fundiendo, el nivel del mar está aumentando y los regímenes de lluvias están cambiando [3, 4, 5].

Este escenario climático sumado a la insalubridad de las aguas y las malas condiciones de vivienda y saneamiento (por la rápida urbanización sin planificar) están haciendo que el dengue, que es una enfermedad transmitida por el vector mosquito *Aedes*, se esté extendiendo por el mundo como nunca antes [1 a 10, 20, 21]; y es factible que esto siga en aumento [1, 3].

En 2019 hubo un importante aumento de casos de dengue en comparación con el 2018, y según la OMS, se prevé que entre el 2030 y el 2050 el cambio climático causará unas 250 mil defunciones adicionales cada año, debido al dengue, al paludismo, a la malnutrición, la diarrea y enfermedades cardiovasculares y respiratorias, estas dos últimas por el calor extremo [3, 6].

En la actualidad el dengue es una enfermedad endémica en más de 100 países del mundo [4, 9, 10].

Los síntomas del dengue se presentan luego de 4 a 10 días después de la picadura del mosquito, y son los siguientes: fiebre elevada (40 °C o más); dolores de cabeza, detrás de los globos oculares, musculares y articulares; náuseas; vómitos; agrandamiento de los ganglios linfáticos; y salpullido [4].

Todavía no hay un tratamiento específico para el tratamiento del dengue, pero la detención oportuna y el acceso a la asistencia médica adecuada disminuyen las tasas de mortalidad por debajo del 1% [4, 9, 10].

Existe una vacuna contra el dengue (la CYD-TDV), pero sólo es eficaz en personas que ya han sido infectadas por el virus.

Lo que se recomienda a la población es el control los vectores (los mosquitos), eliminando posibles hábitats donde puedan reproducirse y utilizando protección personal (ropa, mosquiteros, repelentes) [4].

Ante esta situación, en este proyecto se comenzó por pronosticar los casos de dengue para los próximos 10 años y el diseño de una camiseta de 100% algodón, funcional e inteligente, la cual podría ser utilizada por enfermos de dengue. La misma cumpliría la función de repeler mosquitos y sería inteligente al controlar la temperatura corporal del paciente (uno de los síntomas de la enfermedad).

Para estimar el pronóstico de casos totales de dengue en 22 países del Continente Americano en el período que va desde el 2020 al 2030 se utilizaron datos estructurados proporcionados por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO) y una metodología de ciencia de datos (Big data); para esto, la autora de este trabajo se capacitó en el CIDETIC de UNLu y en la Universidad de Palermo [11 a 18]. Dichas predicciones nos indicaron la posible demanda de la camiseta mencionada en el párrafo anterior.

A continuación se comenzó a plantear el diseño de la prenda que repele mosquitos y controla la temperatura corporal del enfermo de dengue.

Para determinar cómo se le otorga la funcionalidad al producto en cuestión (la repelencia de mosquitos) se tomó como base la tesis doctoral realizada por la autora del presente trabajo, y se tuvieron en cuenta los estudios realizados por: las investigadoras María Miró Specos (INTI, Argentina), María Blanes (AITEX, España) y María Ángeles Bonet Aracil (UPV de Alcoy, España); la Fundación Argentina de nanotecnología; el CedimCat de Barcelona (España); y el MINCYT [19, 23, 27 a 32, 35].

Para establecer de qué manera la camiseta podría controlar la temperatura corporal del paciente, se empleó el prototipo funcional que se detalló antes, y se comenzó a trabajar con internet de las cosas (Big data); para esto la autora de este trabajo se capacitó en la Universidad de Palermo y se tuvieron en cuenta las investigaciones realizadas Bankinter & Accenture, Rose, ARDUINO y ENYETECH & INTI [12, 25, 26, 31, 33 a 35].

Al finalizar el proyecto se evaluará si este prototipo es viable en Argentina, rentable para las empresas que lo fabriquen y si podrían ayudar a mejorar la decaída competitividad del sector textil argentino.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se determina la metodología utilizada para investigar y diseñar dicho prototipo:

3.1). Se estudió la expansión del dengue en el mundo en función de las acciones del hombre y los cambios climáticos.

3.2). Utilizando herramientas y metodologías de predicción que ofrece la ciencia de datos (que está incluida dentro de lo que es Big data), se estimaron los pronósticos de casos totales anuales de dengue en diferentes países del Continente Americano para el período 2020 – 2030, lo que permitió evaluar las características del prototipo.

3.3). Se estudiaron las características del dengue, los síntomas que genera en las personas y los tratamientos convencionales para prevenir el dengue y controlar los síntomas que genera el virus en el cuerpo humano.

3.4). En base a las investigaciones realizadas en los puntos 3.1) a 3.3), se comenzó a diseñar un prototipo de prenda de vestir de tejido de 100% algodón, el cual es funcional (repele los mosquitos) e inteligente (al controlar la temperatura del cuerpo humano, uno de los síntomas del dengue). Para esto, se está trabajando con: procesos textiles convencionales, herramientas que ofrece la nanotecnología y el Big data (como IoT), la microelectrónica y el diseño y gestión industrial.

Al final del proyecto, en el año 2021, se evaluará si este prototipo es viable en Argentina, rentable para las empresas que lo fabriquen y si podrían ayudar a mejorar la decaída competitividad del sector textil argentino.

4. RESULTADOS

4.1). Expansión del dengue en el mundo, en función del cambio climático generado por las acciones del hombre.

El cambio climático es una amenaza emergente considerable para la salud pública. Investigaciones recientes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático confirma que hay pruebas abrumadoras de que los seres humanos están afectando al clima mundial, y destaca una amplia variedad de consecuencias para la salud humana a futuro, contribuyendo a la carga mundial de morbilidad [1].

Las condiciones climáticas tienen gran influencia en las enfermedades transmitidas por insectos (como el mosquito) y por el agua. Es probable que los cambios del clima prolonguen las estaciones del año en las cuales se transmiten importantes enfermedades generadas por vectores y alteren su distribución geográfica.

Los vectores del dengue son los mosquitos del género *Aedes*, muy sensibles a las condiciones climáticas. Según la OMS, las investigaciones realizadas indican que es factible que el cambio climático continúe aumentando el riesgo de transmisión de dicha enfermedad [1, 3].

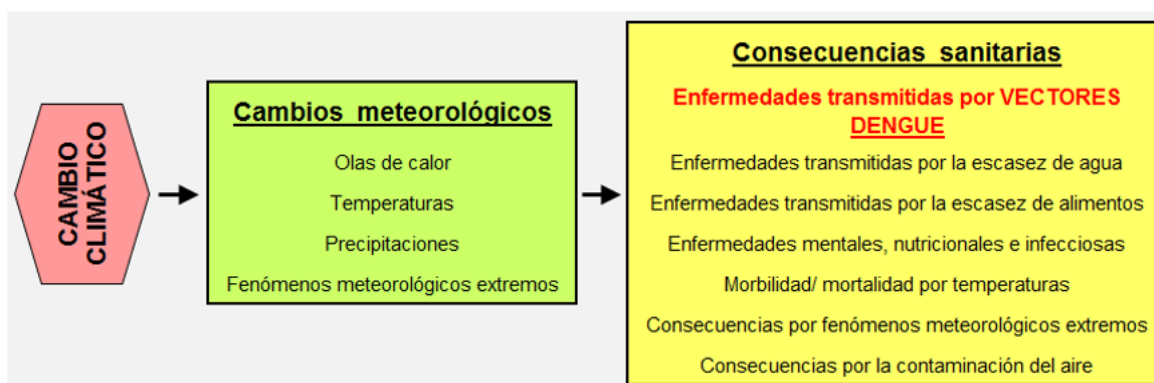
Todas las poblaciones se verán afectadas por el cambio climático, pero algunas serán más vulnerables que otras. Los habitantes de Estados en desarrollo, megalópolis, con estructuras sanitarias deficientes y regiones costeras, montañosas y polares serán especialmente vulnerables. Los niños, las personas mayores y las que tengan dolencias preexistentes serán los más frágiles a los riesgos sanitarios resultantes y se verán expuestos por más tiempo a las consecuencias sanitarias [3].

A continuación, el Cuadro 1 muestra los cambios meteorológicos generados por el cambio climático, y las consecuencias sanitarias que se contraen, como es el caso de las enfermedades transmitidas por vectores: el dengue, el paludismo, entre otras.

En los últimos 130 años el mundo se ha calentado aproximadamente 0,85 °C.

Desde la década de 1980 cada decenio sucesivo ha sido más cálido que cualquiera de los precedentes desde 1850.

Es probable que el 2019 haya sido el segundo año más cálido desde que existen registros de mediciones instrumentales; a causa de esto los glaciares se están fundiendo, el nivel del mar está aumentando y los regímenes de lluvias están cambiando. Además, los fenómenos meteorológicos extremos son cada vez más intensos y frecuentes [3, 4, 5].



Cuadro 1. Consecuencias sanitarias a raíz de cambios meteorológicos resultantes del cambio climático, [1].

Durante los últimos 50 años el hombre ha consumido combustibles fósiles, liberando dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (metano, óxido nitroso, carburos hidrofluorados, carbonos perfluorados, clorofluorocarbonos, hexafluoruro de azufre) como para retener más calor en las capas inferiores de la atmósfera y alterar el clima mundial [3, 6, 7].

El dióxido de carbono causado por la actividad humana originará grandes cambios en la disponibilidad de agua en las regiones áridas de la tierra [8].

La creciente variabilidad de las precipitaciones afectará probablemente al suministro de agua dulce, y la escasez de esta puede poner en peligro la higiene y aumenta el riesgo de enfermedades diarreicas, y en casos extremos, podría provocar sequías y hambrunas.

La escasez de agua obliga a las personas a transportar el agua desde lugares alejados y a almacenarla en sus casas. Esto aumenta el riesgo de la contaminación del agua y de enfermedades, además de servir de criadero de mosquitos, que son vectores del dengue.

Las inundaciones también están aumentando en frecuencia y en intensidad, contaminando las fuentes de agua dulce, incrementando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y dando lugar a criaderos de insectos portadores de enfermedades, como los mosquitos [3, 6].

En 2019 el mundo experimentó un gran aumento de los casos de dengue en comparación con el mismo período de 2018.

En América se registraron más de 2,8 millones de casos sospechosos y confirmados de dengue, incluidas unas 1.250 muertes.

Entre agosto y octubre de 2019, el 85% del total de los casos se registraron en Brasil, Filipinas, México, Nicaragua, Tailandia, Malasia y Colombia [5].

Según investigaciones de la OMS, se prevé que entre el 2030 y el 2050 el cambio climático causará unas 250 mil defunciones adicionales cada año, debido al dengue, el paludismo, malnutrición, diarrea y enfermedades cardiovasculares y respiratorias, estas dos últimas por el calor extremo [3, 6].

4.2). Estimación de los pronósticos de casos totales anuales de dengue en diferentes países del Continente Americano para el período 2020-2030 (utilizando Big data), para evaluar las características del producto investigado y diseñado

Antes de 1970 solo 9 países habían sufrido epidemias de dengue grave; ahora la enfermedad es endémica en más de 100 países de las regiones de África, el mediterráneo oriental, las Américas, Asia Sud-oriental y el Pacífico Occidental; estas tres últimas son las regiones más gravemente afectadas en la actualidad.

Tras un descenso del número de casos en el período 2017-2018, en 2019 hubo un fuerte aumento a nivel mundial [4, 9, 10].

A continuación, se muestra el Gráfico 1, donde se observan los casos de dengue en los países del Continente Americano, desde el año 1980 hasta marzo de 2020; en 2019 puede advertirse el mencionado pico de crecimiento de los casos.

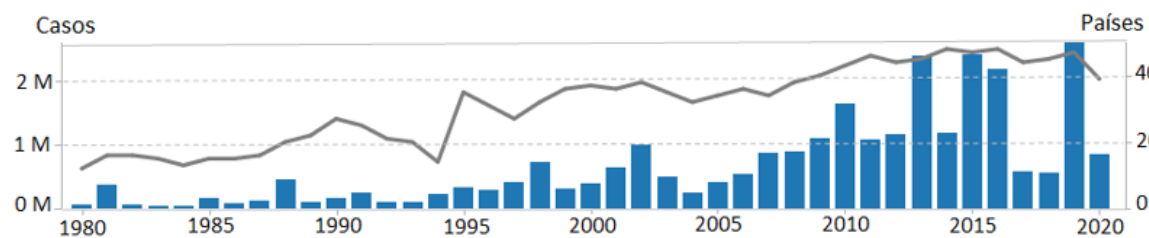


Gráfico 1. Casos de dengue en países del Continente Americano, en el período 1980 a marzo de 2020, [11].

En el Gráfico 1 se advierten los casos totales de dengue (normales y graves) en el año 2020 (los cuales corresponden a los meses de enero, febrero y marzo), que fueron de 858.162, con 225 muertos [11].

En base a casos totales de dengue en países del Continente Americano en el período 1980 a 2019, se utilizó una metodología de ciencia de datos (Big data) para estimar el pronóstico de casos de dengue en el período 2020 – 2030, para los siguientes 22 Estados: Argentina, Brasil, Estados Unidos, República Dominicana, Guadalupe, Islas Caimán, Jamaica, Martinica, Paraguay, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y México.

El término Big data equivale a decir grandes volúmenes de datos o macro-datos, que involucra a los que provienen de tabletas, de social medias, sensores, videos, mensajes de textos, audios, fotografías, entre otros.

La ciencia de datos es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus distintas formas, ya sean estructurados o no estructurados. Trabaja con datos incompletos, incluso desordenados, funciona analizándolos para ver qué información obtiene, administra grandes conjuntos de datos, y los resultados impulsan decisiones sobre operaciones y productos [12, 13].

Con la finalidad de extraer conocimientos a partir de datos de diferentes fuentes, y poder llevar adelante distintas investigaciones, la autora del presente trabajo se ha estado especializando en ciencia de datos desde 2018; por ende, en esta oportunidad se presentará una investigación donde se trabajó siguiendo la metodología que propone la ciencia de datos: adquisición y almacenamiento de datos, su preparación y limpieza, análisis descriptivo de los mismos, confección del modelo predictivo y la muestra de los resultados obtenidos.

Para estimar el pronóstico de casos de dengue entre los años 2020 a 2030 se utilizaron datos estructurados de los 22 países del Continente Americano mencionados, proporcionados por la OPS [14]; en el presente trabajo solo se presentarán los resultados obtenidos para Brasil, ya que en la actualidad es una de las naciones más afectadas por el virus.

Dichos datos estructurados tienen un formato con campos fijos, y pertenecen a las bases de datos relacionales, a las hojas de cálculo y a los archivos fundamentalmente.

A modo de comentario, los datos semiestructurados (por ejemplo, los XML y los HTML) y los no estructurados (como audios, videos, fotografías, correos electrónicos, mensajes instantáneos sms y de whatsapp, entre otros) no tienen formato fijo [13], y no se utilizaron en la investigación.

Una vez que los datos estructurados seleccionados estuvieron en buenas condiciones para utilizarlos, se llevó a cabo un análisis descriptivo de los mismos, para luego plantear el modelo predictivo, el cual permitió pronosticar los casos de dengue para el período 2020-2030 en cada país. Desde el comienzo de esta investigación se ha tenido claro que, al plantear modelos, los mismos debían ser sencillos, para que puedan ser entendidos y utilizados por otros investigadores.

Los métodos de predicción pueden clasificarse en dos categorías: cualitativos y cuantitativos [15, 16]. En el caso de la presente investigación se planteó un método cuantitativo, con el objeto de extraer toda la información posible contenida en los datos y, en base al patrón de conducta seguida en el pasado, estimar los casos de dengue totales anuales futuros en países del Continente Americano, en el período 2020 – 2030.

En relación al método cuantitativo se consideran dos enfoques alternativos: el análisis uni-variante de series temporales y el análisis causal.

El análisis uni-variante de series temporales se encuentra ampliamente difundido en múltiples ámbitos, así como en sectores de muy diversa naturaleza, demostrándose su validez predictiva y su utilidad en la ayuda para la toma de decisiones [15, 16].

En la investigación se llevó a cabo un análisis uni-variante de series temporales, donde se estudió la variable de casos de dengue totales por año para 22 países del Continente Americano, desde 1980 al 2019; a partir de este conocimiento, y bajo el supuesto de que no se van a producir cambios estructurales, se realizaron predicciones para el período 2020 a 2030.

Para realizar dicho análisis se aplicó el Modelo de Box y Jenkins desarrollando ARIMA uni-variante [15, 16], donde se explicó el comportamiento de la serie temporal a partir de las observaciones pasadas de la propia serie.

El lenguaje de programación utilizado para desarrollar el modelo ARIMA y obtener las predicciones de los casos totales de dengue en los 22 países del Continente Americano durante el período 2020-2030 fue R, que es un lenguaje de programación de código abierto, con un entorno de software diseñado para computación estadística y generación de gráficos.

R es una lista de tecnologías de fuente abierta para Big data, y fue diseñado por Ross Ihaka y Robert Gentleman en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) en 1993 [12, 13, 17, 18].

Como se mencionó, se obtuvieron resultados para 22 países del Continente Americano, y en todos se observó una tendencia creciente de casos totales de dengue para el período 2020-2030.

En el Gráfico 2 se muestran los casos totales de dengue anuales de Brasil en el período 1980 2019, y los pronósticos estimados de casos en el período 2020-2030, donde se observa una tendencia creciente y sus desvíos estándar positivo y negativo.

4.3). Características del dengue y los síntomas que genera en las personas. Tratamientos convencionales actuales para prevenir el dengue, y herramientas que controlan los síntomas que genera el virus en el cuerpo humano

El dengue es una de las enfermedades tropicales llamadas “desatendidas”, porque persiste cuando hay pobreza y está postergada en las prioridades de la salud pública; además, la inexistencia de estadísticas confiables dificulta los esfuerzos por sacarla de las sombras.

En particular afecta a las poblaciones pobres en zonas de climas tropicales y subtropicales, rurales, urbanos y semiurbanos; y en las últimas décadas ha aumentado su incidencia en todo el mundo [4, 9, 10]. Otra característica es que más del 70% de los países y territorios afectados tienen economías de ingresos bajos o medios-bajos. Esta infección también se asocia a la insalubridad del agua, y a las malas condiciones de vivienda y saneamiento [20].

El dengue es una infección vírica transmitida por mosquitos hembra del género *Aedes* (principalmente de la especie *aegypti*, y en menor grado del *albopictus*), que causa síntomas gripales y en ocasiones evoluciona hasta convertirse en un cuadro potencialmente mortal llamado dengue grave. Su transmisión depende en gran medida de las precipitaciones, la temperatura y la urbanización rápida sin planificar [4, 9, 10, 21].

De momento no hay un tratamiento específico para el dengue y el dengue grave, pero la detención oportuna y el acceso a la asistencia médica adecuada disminuyen las tasas de mortalidad por debajo del 1% [4, 9, 10].

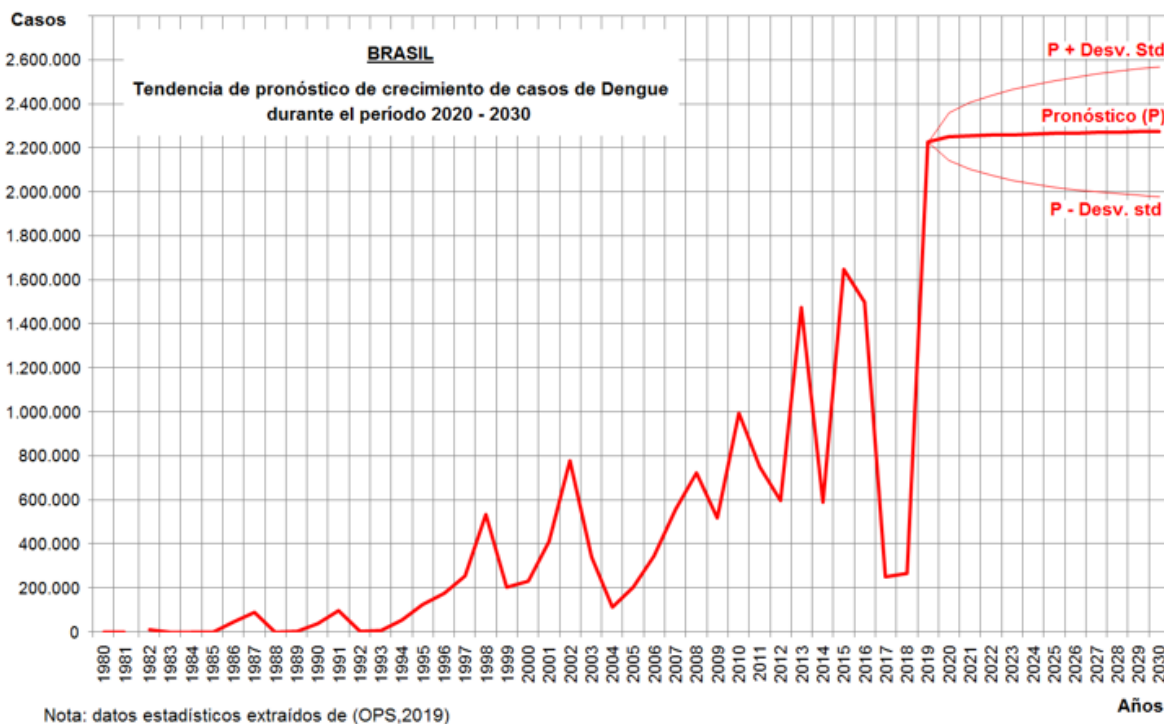


Gráfico 2. Brasil: casos totales de dengue entre 1980 y 2019 [11], y pronósticos estimados de casos para el período 2020-2030 [19].

Se debe sospechar que una persona padece dengue cuando tiene fiebre elevada (40°C o más), acompañada por dos de los siguientes síntomas: dolores de cabeza muy intensos, detrás de los globos oculares, musculares y articulares; náuseas; vómitos; agrandamiento de los ganglios linfáticos; y salpullido.

Los síntomas se presentan al cabo de un período de incubación de 4 a 10 días después de la picadura de un mosquito infectado, y por lo común duran entre 2 y 7 días.

El dengue grave es una complicación potencialmente mortal, al tener la persona dificultades respiratorias, hemorragias graves o falla orgánica. También causa dolor abdominal intenso, vómitos persistentes, respiración acelerada, hemorragias de las encías, fatiga, inquietud y presencia de sangre en el vómito [4].

Los ensayos clínicos han demostrado que la vacuna CYD-TDV con virus vivos es eficaz y segura en personas que ya han sido infectadas anteriormente por el virus, pero conlleva un aumento del riesgo de dengue grave en los infectados por vez primera tras la vacunación. La estrategia recomendada para los países que están pensando en incluir la vacunación en sus programas de control de dengue consiste en determinar el estado serológico de los sujetos antes de la vacunación, y en vacunar únicamente a los que hayan sido infectados con anterioridad, de acuerdo con los resultados mediante pruebas de laboratorio.

La vacunación debe formar parte de una estrategia integrada de prevención y control de dengue, como también el control bien ejecutado de los vectores (los mosquitos), como ser: la eliminación de desechos sólidos y posibles hábitats artificiales donde pueda crecer el mosquito; aplicar insecticidas a los recipientes donde se almacene agua a la intemperie; cubrir, vaciar y limpiar depósitos donde se recolecte agua para uso doméstico; utilizar protección personal, como mosquiteros en las aberturas de las viviendas, ropa que cubra el cuerpo, repelentes; y la vigilancia y control de los vectores.

Estén vacunados o no, los pacientes deben buscar rápidamente atención médica al presentar síntomas [4].

4.4). Diseño de un prototipo de prenda de vestir textil funcional (repele mosquitos) e inteligente (controla temperatura corporal, que es uno de los síntomas a controlar del dengue)

En la actualidad existen desarrollos novedosos para prevenir las picaduras del vector mosquito y/o controlar al menos uno de los síntomas que la enfermedad genera, por ejemplo, la temperatura del cuerpo humano.

La innovación en los materiales textiles se vincula a nuevas prestaciones, muy útiles para suplir necesidades sociales y sanitarias. En el presente trabajo se comentará el caso que se estuvo (y está) investigando y diseñando, que consiste en una prenda textil funcional e inteligente.

Los funcionales son aquellos que no solo desempeñan las funciones propias de los artículos textiles convencionales, sino que además cumplen funciones no inherentes a su naturaleza textil, como, por ejemplo, los que repelen mosquitos [22, 23].

Los inteligentes son materiales textiles que reaccionan ante estímulos externos, combinando las técnicas de elaboración de tejidos y la nanotecnología, que pueden estar combinados con la microelectrónica y la incorporación de sensores [22, 23].

La autora de este trabajo ha estado investigando desde el 2013 la obtención de prendas de vestir de 100% algodón tratados con nanotecnología, para que cumplan la función de repeler mosquitos, y suplir una necesidad social y mejorar la competitividad del decaído Sector textil argentino. A dichas investigaciones, se les acopló la investigación actual, donde se desea obtener una prenda textil con alto valor agregado, que sea funcional e inteligente al mismo tiempo, al repeler mosquitos y controlar la temperatura corporal del paciente utilizando IoT, que es uno de los síntomas del dengue. Por las tendencias crecientes de los casos totales de dengue obtenidos para los 22 países del Continente Americano en el período 2020 – 2030 mencionados en el parágrafo 4.2., es probable que este tipo de producto textil sea muy útil en las zonas afectadas por el virus. Y el hecho de fabricarlos en Argentina y comercializarlos en otros países, ayudaría a incrementar el ingreso de divisas en Argentina, y a la mejora de la competitividad de su Sector textil.

Según el autor Joyanes Aguilar (2013), desde hace unos años los datos proceden de distintas fuentes de datos, y que en Big data una fuente muy utilizada es la llamada “máquina a máquina”, que permite conectarse entre distintos dispositivos entre sí, lo que ha originado lo que se denomina la IoT, que consiste en un nuevo sistema tecnológico, donde tanto los objetos como las personas pueden conectarse a internet en cualquier momento y lugar, obteniendo inteligencia y conversación en los objetos.

El prototipo en desarrollo es una camiseta de tejido de 100% algodón tratado con nanotecnología para que adquiera funcionalidad e inteligencia. Para esto, se está llevando a cabo la siguiente metodología de trabajo:

4.4.a). Para obtener el tejido de algodón que repele mosquitos se utiliza un sustrato de 100% algodón de industria argentina, al cual por medio del proceso de impregnación se le aplican microcápsulas (de diámetro de 150 μm) con citriodiol en su interior, las cuales le adjudicarán al producto la función de repeler mosquitos [23, 31, 32].

4.4.b). Una vez obtenido el tejido en el paso anterior, se confecciona de manera convencional la prenda, la cual tendrá el valor agregado de repeler mosquitos [23, 31, 32].

4.4.c). Luego de confeccionar la camiseta que repele mosquitos, el paso siguiente es la inserción de un sensor para que controle la temperatura corporal de la persona enferma de dengue, que podría estar internada en un hospital, y al cual un equipo de médicos podrá examinar (por medio de la IoT) uno de los síntomas de la enfermedad (la temperatura corporal) desde sus dispositivos electrónicos (computadoras, teléfonos celulares), ubicados en oficinas alejadas de la habitación donde el paciente está internado [12, 25, 26, 31, 33 a 35].

En este momento se está trabajando en el programa para que el sensor capture los datos de la temperatura corporal del enfermo de dengue, los cuales serán enviados a la nube y luego analizados por el cuerpo médico desde un celular (u otro dispositivo electrónico), ubicados a una distancia remota de la habitación donde está internado el paciente.

Para esto, se están utilizando los siguientes componentes electrónicos:

- Un sensor digital de temperatura.
- Un arduino UNO y un módulo de wifi y bluetooth ESP.

Se explica a continuación cómo los médicos lograrán controlar la temperatura corporal del enfermo internado por dengue, lo que los ayudará a tomar decisiones importantes si la situación del paciente empeora:

- El sensor incrustado en la camiseta del paciente controlará los datos de temperatura del cuerpo de la persona infectada, que serán capturados por la unidad UNO/ ESP.

Según distintos autores [13, 25, 26], los sensores son una pieza clave en la IoT, ya que capturan los datos con la frecuencia que se desee (hasta cada milisegundo) y generan grandes volúmenes de datos.

- La unidad UNO/ ESP enviará los datos a la nube, para luego ser leídos por una aplicación del teléfono celular de los médicos, instalados en una oficina remota del hospital. Los datos que percibirán los médicos en sus teléfonos serán estructurados, es decir que tendrán el formato que muestra el celular de la Figura 1, que consiste en una columna con la hora y otra con el dato correspondiente de temperatura, en grados centígrados.



Figura 1. Simulación de datos estructurados de temperatura corporal, visto desde un teléfono celular, [19].

La visualización constante de la temperatura corporal del paciente por parte del equipo de médicos, ayudará a que éstos puedan tomar decisiones claves para mejorar la salud del enfermo de dengue. Al finalizar el proyecto (a mediados del año 2021) se analizará si el prototipo es viable en Argentina y si se podría exportar para el período 2020-2030 a países que se verán afectados de manera significativa por el dengue (como por ejemplo Brasil), ya que es una prenda que puede ser utilizada en enfermos de dengue internados, al ser confeccionada con un tejido de fibras naturales (algodón 100%), al repeler mosquitos con una sustancia natural (el citriodiol) y al controlar la temperatura corporal del paciente, que es uno de los síntomas que genera el virus de dengue.

5. CONCLUSIONES

Investigaciones recientes confirmaron que existen evidencias abrumadoras de que la actividad humana está afectando al clima mundial [1], generando cambios meteorológicos como olas de calor, temperaturas extremas, variaciones en las precipitaciones, sequías, inundaciones, liberación de dióxido de carbono y otros gases invernaderos, los cuales contribuyen al aumento de casos de enfermedades transmitidas por mosquitos (como el dengue), ya que es probable que las modificaciones del clima prolonguen las estaciones del año en las cuales se transmiten. Las poblaciones más afectadas serán los habitantes de Estados en desarrollo, megalópolis, con estructuras sanitarias deficientes y regiones costeras, montañosas y polares.

Los vectores del dengue son los mosquitos del género *Aedes*, muy sensibles a los cambios y condiciones climáticas.

En 2019 el mundo experimentó un gran aumento de los casos de dengue respecto a 2018, haciendo que el Continente Americano llegara a 2,8 millones de casos sospechosos y confirmados; en dicho año, el 85% de los casos mundiales se llevaron a cabo en Brasil, Filipinas, México, Nicaragua, Tailandia, Malasia y Colombia.

Ante esta situación, en el presente Proyecto se comenzó por realizar una estimación de los casos totales anuales de dengue en países del Continente americano para el período 2020 – 2030, utilizando el modelo de Box-Jenkins ARIMA de Ciencia de datos (Big data); este trabajo fue realizado para 22 países de dicho Continente (si bien aquí sólo se presentó el caso de Brasil), resultando en todos los casos un aumento de los casos de dengue para el mencionado período. Según la OMS [3, 6], para el período 2030-2050 se prevé unas 250 mil defunciones por dengue, paludismo.

En consecuencia, se comenzó a diseñar un prototipo de una prenda de vestir (una camiseta) que cumple la función de repeler mosquitos y controlar la temperatura corporal de enfermo de dengue, ya que la misma (40 °C o más) es uno de los síntomas del dengue. El prototipo de la prenda estará confeccionado con un sustrato de 100% algodón que repele mosquitos, impregnado con microcápsulas que contienen citriodiol; luego de su fabricación, se le inserta un sensor de temperatura, el cual le otorga al producto la propiedad de ser inteligente, ya que captura la temperatura del cuerpo del paciente cada una determinada frecuencia programada, y los datos son

enviados a la nube por medio de una unidad UNO/ESP; gracias a la IoT, los datos de temperatura resultantes podrán ser bajados desde la nube por el teléfono celular (u otros dispositivos) del equipo de médicos del hospital donde está internado el paciente, quienes tendrán la posibilidad de tomar decisiones rápidas si la temperatura de la persona con dengue aumenta. Este sistema es interesante para aplicar en hospitales, ya que les permite a los médicos seguir de manera constante y remota la situación del enfermo, sin necesidad de acercarse para tomarle la fiebre y correr el riesgo de contagiarse otro virus.

Si bien este prototipo se encuentra en la etapa de diseño, para mediados del año 2021 se espera determinar si el mismo es viable en la Argentina, y si es posible exportarlo a países afectados por el dengue, como por ejemplo Brasil. Esto ayudaría a suplir una necesidad social, ya que se estima que los casos de dengue seguirán aumentando en el futuro, y a mejorar la decaída competitividad del Sector textil argentino.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS. (2020). *Cambio climático y salud humana*. Organización Mundial de la Salud < <https://www.who.int/globalchange/climate/es/> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [2] FP. (2017). *Pro textil 2017. 13° convención del agro industria textil y de la indumentaria argentina*. Fundación Pro-Tejer.
- [3] OMS. (2018). *Cambio climático y salud*. Organización Mundial de la Salud, febrero 2018 < <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-clim%C3%A1tico-y-salud> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [4] OMSa. (2020). *Dengue y dengue grave*. Organización Mundial de la Salud, 2 marzo 2020. < <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> > (Fecha de consulta: marzo de 2020).
- [5] OMM. (2020). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019*. Organización Meteorológica Mundial, OMM n° 1248, Suiza.
- [6] OMSb. (2020). *Diez datos sobre el cambio climático*. Organización Mundial de la salud < https://www.who.int/features/factfiles/climate_change/facts/es/index3.html > (Fecha de consulta: febrero de 2020).
- [7] CIIFEN. (2019). *Efecto invernalero*. Centro Internacional para la investigación del fenómeno de El Niño < http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es > (Fecha de consulta: enero de 2020)
- [8] Broecker W. (2019). *El impacto del calentamiento global en la distribución de las precipitaciones: una perspectiva histórica*. BBVA & Universidad de Columbia, Estados Unidos < <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-del-calentamiento-global-en-la-distribucion-de-las-precipitaciones-una-perspectiva-historica/> > (Fecha de consulta: enero de 2020)
- [9] OMSc. (2020). *Lucha contra el dengue*. Organización Mundial de la Salud < <https://www.who.int/denguecontrol/mosquito/es/> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [10] OMS. (2017). *¿Qué es el dengue y como se trata?*. Organización Mundial de la Salud, diciembre 2017 < <https://www.who.int/features/qa/54/es/> > (Fecha de consulta: diciembre de 2019).
- [11] PAHO. (2020). *Dengue*. Pan American Health Organization < <https://www.paho.org/data/index.php/es/temas/indicadores-dengue.html> > (Fecha de consulta: marzo de 2020).
- [12] UP. (2019). *Curso ejecutivo: Fundamento de Data science*. Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina.
- [13] Joyanes Aguilar L. (2013). *Big data, análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*. Alfa omega, México.
- [14] OPS. (2019). *Dengue y dengue grave, casos y muertes para sub-regiones de las Américas*. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud < <http://paho.org/data/index.php/es/temas/indicadores-dengue/dengueregional/506-dengue-regional/> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [15] Rodríguez O. (2018). *Predicción de inventarios y series de tiempo, método de Box-Jenkins*. PROMIDAT, Programa Iberoamericano de Formación en Minería de datos, Costa Rica.
- [16] Jiménez J. F., Gázquez J. C. & Sánchez R. (2006). La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y holtwinters: una aplicación al sector turístico. Universidad de Almería. *Revista Europea de Dirección y Economía de la empresa*, volumen 15, número 3, pp. 185-198, ISSN 1019-6338.

- [17] CIDETIC. (2019). *Curso: Introducción práctica al análisis de datos con R*. Universidad Nacional de Luján, CIDETIC, Luján, Buenos Aires, Argentina.
- [18] Olavsrud T. (2012). *15 open source Big data technologies to watch*. Revista CIO, Estados Unidos < <http://www.cio.com/article/3400875/15-open-source-big-data-technologies-to-watch-html/> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [19] Lima Gonzalo L. G. (2020). *Proyecto de investigación sobre productos textiles funcionales e inteligentes*. Universidad Nacional de Luján, Luján, Buenos Aires, Argentina.
- [20] OMS. (2012). *¿Por qué se les dice “desatendidas” a algunas enfermedades tropicales?* Organización Mundial de la Salud. < <https://www.who.int/features/qa/58/es/> > (Fecha de consulta: diciembre de 2019).
- [21] OMSd. (2020). *Dengue y dengue grave*. Organización Mundial de la Salud < <https://www.who.int/denguecontrol/es/> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [22] FAN. (2019). *Potencial de la nanotecnología en el sector textil*. Fundación Argentina de nanotecnología, Argentina.
- [23] Lima Gonzalo L. G. (2018). *Tesis doctoral: Producto de alto impacto social, no innovador, como factor de la mejora de la competitividad. Propuesta para el sector textil y de indumentaria argentino*. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, Argentina.
- [24] CedimCat. (2017). *Citriodiol*. Centre d'informació de medicaments de Catalunya < http://cedimcat.info/index.php?option=com_content&view=article&id=221:repelentes-de-insectos&catid=41&itemid=472&lang=es > (Fecha de consulta: noviembre de 2017).
- [25] Bankinter & Accenture. (2015). *El internet de las cosas, en un mundo conectado de objetos inteligentes*. Bankinter & Accenture < <http://fundacionbankinter.org> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [26] Rose K., Eldridge S. & Chapin L. (2015). *La internet de las cosas, una breve reseña*. Internet Society, Suiza < <http://www.internetsociety.org> > (Fecha de consulta: enero de 2020).
- [27] FAN. (2019). *Potencial de la nanotecnología en el sector textil*. Fundación Argentina de nanotecnología, Argentina.
- [28] CedimCat. (2017). *Citriodiol*. Centre d'informació de medicaments de Catalunya < http://cedimcat.info/index.php?option=com_content&view=article&id=221:repelentes-de-insectos&catid=41&itemid=472&lang=es > (Fecha de consulta: noviembre de 2017).
- [29] Gilabert, E. J. (2002). *Química textil*. Tomo I: materias textiles. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería textil y papelera. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Referencia 2002.876.
- [30] Ferreyra, E. (2016). *Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales: algodón, textil y vestimenta*. Ministerio de ciencia, tecnología e innovación productiva. <<http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047536.pdf> > (Consulta: agosto 2017).
- [31] Blanes M. (2019). *Entrevista sobre textiles funcionales*. AITEX, Alcoy. España.
- [32] Miró Specos, M. (2017). *Proceso de tintorería e impregnación*. INTI, área de Textiles, Buenos Aires, Argentina.
- [33] ENYETECH. & INTI. (2019). *Proyecto Spora*. INTI & ENYETECH, Argentina.
- [34] ARDUINO. (2019). *Arduino Create*. ARDUINO CC. < <https://www.arduino.cc/en/Main/Create> > (Consulta: diciembre 2019).
- [35] Bonet Aracil, M. A. (2017). *Entrevista sobre tejidos funcionales e inteligentes*. UPV Alcoy, España.

Diseño e instalación de un equipo que reutiliza aguas y colorantes residuales de la Industria textil tintorera argentina

Rodríguez Gastón, Jorgelina ⁽²⁾; Rosso, Adriana ⁽²⁾; Parra, Micaela ⁽²⁾; Parisi, Mónica ⁽²⁾; Lima Gonzalo, Laura Guadalupe ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.

Ruta 5 y Av. Constitución, Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de correo electrónico: lauraglima@yahoo.com.ar llima@unlu.edu.ar

⁽²⁾ Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján.

Ruta 5 y Av. Constitución, Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de correo electrónico: jorgelinar77@yahoo.com.ar rossoam@gmail.com

RESUMEN

Las tintorerías textiles generan efluentes contaminantes muy tóxicos, afectando la calidad del suelo y del agua, al contener colorantes de difícil degradación.

Para tratar el agua residual se utilizan métodos convencionales, pero en el presente trabajo se describirá el diseño de un equipo novedoso para la industria textil y tintorera argentina, el cual toma los efluentes antes de ser depositados en la planta de tratamiento, con el objeto de recuperar el agua y los colorantes, y la posibilidad de reutilizarlos.

Para esto, se está trabajando en la traza de dicho prototipo, el cual contiene ciclodextrinas unidas a un polímero eco-compatible (obtenido con nanotecnología).

Las ciclodextrinas encapsulan los colorantes y permiten la reutilización un número finito de veces, tanto de los colorantes como de las mismas (si se trabaja en laboratorio), y la recirculación del agua tratada; por ende, el proceso puede repetirse utilizando los mismos recursos.

Para llevar a cabo este proyecto, las investigadoras de la Universidad Nacional de Luján (pertenecientes a los Departamentos de Ciencias Básicas y Tecnología) están trabajando con una tintorería ubicada en el Partido de Luján (provincia de Buenos Aires, Argentina).

Al finalizar el trabajo, se prevé determinar la viabilidad y rentabilidad del prototipo para las tintorerías de la Provincia de Buenos Aires.

Palabras Claves: Argentina - Industria textil – Efluentes – Colorantes – Nanotecnología - Diseño industrial

ABSTRACT

Textile dry cleaners generate highly toxic polluting effluents, affecting soil and water quality, as they contain dyes that are difficult to break down.

Conventional methods are used to treat wastewater, but in this work the design of a new equipment for the Argentine textile and dyeing industry will be described, which takes the effluents before being deposited in the treatment plant, in order to recover water and colorants, and the possibility of reusing them.

For this, we are working on the trace of said prototype, which contains cyclodextrins linked to an eco-compatible polymer (obtained with nanotechnology).

The cyclodextrins encapsulate the colorants and allow the reuse a finite number of times, both of the colorants and of them (if working in the laboratory), and the recirculation of the treated water; therefore, the process can be repeated using the same resources.

To carry out this project, the researchers from the National University of Luján (belonging to the Departments of Basic Sciences and Technology) are working with a dry cleaner located in the Luján district (province of Buenos Aires, Argentina).

At the end of the work, it is expected to determine the viability and profitability of the prototype for the dry cleaners of the Province of Buenos Aires.

Keywords: Argentina - Textile industry - Effluents - Dyes - Nanotechnology - Industrial design

1. INTRODUCCIÓN

Las industrias textiles son potencialmente contaminantes, no solo por la enorme cantidad de agua que utilizan para sus procesos, sino también por la gran cantidad de productos que se generan y desechan en los recursos hídricos del Planeta.

Por ejemplo, para fabricar una tonelada de producto textil se necesitan aproximadamente 200 m³ de agua; y si los efluentes cargados con colorante son vertidos en los ríos o arroyos, el color absorberá la luz, impidiendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, lo que amenazaría seriamente al ecosistema completo.

Ante esta situación, las autoras de este trabajo presentarán una propuesta de mejora para la industria textil tintorera argentina, que consiste en un prototipo que se pretende que contenga en su interior un polímero de ciclodextrinas con sepharosa, el cual se mezcla con el agua residual, obteniendo como resultado agua sin colorante y los colorantes, ambos reutilizables.

Para esto se investigó: la industria textil argentina y el cuidado de los recursos hídricos; las características de la localidad de Luján y del Río Luján; la fabricación de denim en el partido de Luján y las características de los efluentes que libera; y la generación de polímeros de ciclodextrinas con sepharosa, obtenidos en el laboratorio de química biológica del Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu (partido de Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina).

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es presentar un prototipo de un equipo de metal, en el cual se está trabajando recién en la etapa de diseño, que contiene un polímero de ciclodextrinas con sepharosa en su interior. Esta unidad será conectada a las máquinas tintoreras de la industria textil, para que procese parte de los efluentes con colorantes y otros componentes (grasas, cola, entre otros), y recuperar el agua utilizada por un lado (la cual es dirigida a la planta de tratamiento) y por el otro los colorantes, para volver a utilizarlos en el teñido de los hilados o tejidos.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se determina la metodología utilizada para diseñar dicho prototipo:

3.1). Se investigó sobre la industria textil argentina y el cuidado de los recursos hídricos.

3.2). Se estudió sobre las características de la localidad de Luján (Buenos Aires, Argentina) y del Río Luján.

3.3). Se indagó sobre la producción de denim en el partido de Luján y las características de los efluentes liberados en su proceso de fabricación.

3.4). Luego de estudiar numerosas investigaciones llevadas a cabo en otros países donde se utilizaron ciclodextrinas en procesos textiles, se centralizó en un desarrollo realizado por AITEX (Alcoy, España), ya que se tuvo la oportunidad de entrevistar en persona a una de las investigadoras de dicho proyecto.

3.5). Por último, en función de distintos factores, como las características de la localidad y de la industria tintorera textil de Luján, y del tipo de polímeros con ciclodextrinas con sepharosa obtenidos por las autoras del presente trabajo en el laboratorio de Química biológica del Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu, se está trabajando en el diseño de un prototipo de metal, el cual procesará parte de los efluentes residuales de tintorerías, para separar el agua limpia de colorantes por un lado y por el otro los colorantes, y poder volver a utilizarlos en el teñido de otros hilados o tejidos.

Al final del proyecto, en el año 2021, se evaluará si este prototipo es viable en Argentina, si será rentable para las empresas que lo fabriquen y si las industrias tintoreras que lo adquieran podrán obtener significativos beneficios en función de los costos por su compra y mantenimiento.

4. RESULTADOS

4.1. La industria textil argentina y el cuidado de los recursos hídricos

El agua es esencial para la industria de ennoblecimiento textil (como lo es el proceso de tintorería), consumiendo grandes cantidades con respecto a la materia prima utilizada. Este hecho siempre condicionó la localización de las industrias textiles, situándolas en zonas con abundante agua y de calidad adecuada.

La fabricación de una tonelada de producto textil necesita aproximadamente 200 m³ de agua [1, 2], y durante su proceso se vierte el 90% del total de productos químicos utilizados. Se trata de una industria potencialmente contaminante debido no sólo a la enorme cantidad de agua utilizada, sino también a la gran cantidad de productos que se desechan con ella [2].

Aunque hay que destacar que el consumo de agua en la industria textil ha descendido en los últimos años, especialmente en los países más industrializados.

La reducción del consumo de agua se puede alcanzar conjugando dos puntos importantes: la sensibilización de la empresa y la adopción de nuevas tecnologías [2].

Los vertidos de las industrias textiles contienen contaminantes que proceden de los puntos siguientes [2]:

- Eliminación de las impurezas presentes en las fibras de origen natural.
- Eliminación de productos artificiales incorporadas de modo temporal.
- Tinturas y acabados de los productos textiles.
- Limpieza de máquinas e instalaciones.

En el caso de que los efluentes cargados de colorantes se derramen en los ríos o arroyos, el color absorberá la luz, impidiendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, lo que amenaza seriamente al ecosistema completo. Para que no ocurra esto, deberán utilizarse plantas de tratamiento de aguas residuales y medioambientalmente efectivas [1].

La localidad de Luján, situada en la provincia de Buenos Aires (Argentina), es considerada un polo industrial textil, que para 2018 contaba con alrededor de 100 pequeños emprendimientos familiares, los cuales generan cerca de la mitad de la producción argentina de tejidos planos crudos, siendo los productos más importantes la gabardina y el denim.

A 10 km de la ciudad de Luján está el pueblo de José María Jáuregui, donde se encuentra emplazado el Parque Industrial Villa Flandria, en el cual se encuentran implantadas tintorerías textiles e industrias que fabrican denim y otros tejidos planos, a unos metros del Río Luján [3, 4].

El artículo 41 de la Constitución Argentina (reformada en 1994) expresa que los habitantes del país tienen derecho a vivir en un ambiente sano y apto para el desarrollo humano, y que las actividades productivas deben desarrollarse sin comprometer ni afectar la calidad del ambiente para las generaciones futuras. Dicha reforma introdujo la obligación de las autoridades de cada provincia a la protección de estos derechos, a velar por la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural, de la diversidad biológica y a la información y educación ambiental [5].

Respecto al cuidado del medio ambiente y de las cuencas hidrológicas, en el país también existen leyes, resoluciones y ordenanzas, como las que se comentan brevemente a continuación:

- Ley General del Ambiente n° 25.675: define el concepto de Presupuestos Mínimos (PPMM), que tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental, para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener la capacidad de carga y asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable.
- Ley nacional de protección de recursos hídricos y control de contaminación n° 2797/1891: establece el requisito general de no contaminar recursos hídricos, y prohíbe el vertido de aguas cloacales, residuales e industriales sin tratamiento en los ríos de la Argentina.
- Ley Provincial de protección de las fuentes de provisión, de los cursos y cuerpos receptores de agua y de la atmósfera n° 5965/58 y su Decreto reg. n° 3970/90: dice que se prohíbe a las reparticiones del Estado, entidades públicas y privadas y a los particulares, el envío de efluentes residuales sólidos o líquidos, de cualquier origen, a canalizaciones, acequias, arroyos, riachos, ríos y a toda otra fuente, cursos o cuerpo receptor de agua, superficial o subterráneo, que signifique una degradación o desmedro de las aguas de la provincia, sin previo tratamiento de depuración o neutralización que los convierta en inocuos e inofensivos para la salud de la población o que impida la contaminación, perjuicios y obstrucciones en las fuentes, cursos o cuerpos de agua, como también el desagüe de líquidos residuales a la calzada.
- Ordenanza municipal 2987/ 92 de la ciudad de Luján: declara de interés municipal prioritario la preservación y protección del medio ambiente en toda la jurisdicción del Partido de Luján.

Tanto a nivel nacional como provincial, las autoridades están facultadas para realizar las inspecciones que sean necesarias, la aplicación de multas y las correspondientes clausuras de las industrias que no cumplan con los parámetros exigidos [5].

4.2. Características de la localidad de Luján (Buenos Aires, Argentina) y del Río Luján

El Partido de Luján pertenece a una extensa llanura situada en el centro-este de la provincia de Buenos Aires. Se encuentra a 70 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y limita con los partidos de San Andrés de Giles, Navarro, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, Pilar y Mercedes.

El Río Luján atraviesa el partido de Luján, y es una cuenca ubicada en una zona de clima tipo templado húmedo, clasificado por la CCK como subtropical sin estación seca con verano cálido. Los inviernos no son muy rigurosos, pero el elevado contenido de humedad produce una sensación térmica considerablemente inferior.

Las precipitaciones medias mensuales históricas provistas por la Estación meteorológica Luján fluctúan en un rango de 50 a 130 mm, y el período de lluvias se encuentra entre los meses de octubre a abril [5].

El perfil del Río Luján se divide en tres tramos:

- Tramo superior: comienza en las nacientes, en los partidos de Suipacha y Chacabuco, y se extiende hasta la localidad de José María Jáuregui, con una longitud de 47 km.
- Tramo medio: tiene aproximadamente 30 km, desde la localidad de José María Jáuregui hasta las proximidades del cruce con la Ruta Nacional n° 8, en la localidad de Pilar.
- Tramo inferior: se extiende desde las inmediaciones del cruce con la Ruta Nacional n° 8 hasta el cruce de la Ruta Nacional n° 9, atravesando algo más de 20 km de longitud [5].

A continuación, en la Figura 1 se observa que el partido de Luján se encuentra en la cuenca media del Río Luján.



Figura 1. Ubicación del partido de Luján, en la cuenca media del Río Luján, [5, 6].

Existen estudios realizados sobre la calidad del agua del Río Luján y su relación (directa o indirecta) con la descarga de efluentes líquidos, los cuales concluyeron que la reactivación industrial en los partidos atravesados por dicho río en distintos períodos económicos y políticos del país, afectaron la calidad de sus aguas [5].

El Río Luján nace de la confluencia de los arroyos Durazno y Los Leones. Hacia aguas abajo el río recibe las aguas del arroyo Moyano (localidad de M. J. García), de los arroyos Leguizamón, Grande y Oro (al norte de la ciudad de Mercedes), del arroyo Balta (al oeste de la localidad de Olivera), de los arroyos Gutiérrez, Pereyra, Chañar y El Haras (en las localidades de José María Jáuregui y Luján), del arroyo Las Flores (entre Open Door y Manzanares), del arroyo Carabassa (en las inmediaciones de la Ruta Nacional n° 8) y del arroyo Burgos y numerosos cursos menores (entre las Rutas Nacionales n° 8 y n° 9). Luego de recibir el aporte de los arroyos Escobar, Garín, Claro, de las Tunas, del Río Reconquista y otros arroyos sobre su margen izquierdo, desemboca en el Río de la Plata.

En un estudio realizado en 2010, se pudieron observar arroyos (como el Carabassa y el Claro) con un deterioro muy alto debido a la polución urbano-industrial. Y que, en el cauce principal del río, hubo zonas de alto deterioro, como, por ejemplo, en la que va desde Mercedes hasta la localidad de Luján, al recibir principalmente efluentes orgánicos y una moderada influencia de la actividad agrícola que produce aporte de nutrientes; también se encontraron evidencias de polución por metales pesados debido a la actividad industrial [5, 8].

4.3. La producción de denim en el Partido de Luján y las características de los efluentes liberados en su proceso de fabricación

Como se mencionó antes, la localidad de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina) es considerada un polo industrial textil en el país.

Dada la complejidad y la especificidad de la tecnología aplicada y la intensa competencia a nivel nacional e internacional, los productores de denim poseen estructuras de fabricación integradas hasta las fases inmediatamente previas, es decir, además de tejer, hilar.

La integración vertical en el segmento denim es una tendencia mundial y se basa en una cuestión de eficiencia, que resulta, en buena medida, del avanzado desarrollo del mercado mundial, que sufre de periódicas crisis de sobreproducción. En cuanto a la constitución del mercado interno argentino, existen cinco productores de denim que abastecen a casi el 60% del consumo nacional: Alpagatas-Santista, Santana, Algoselan, Ibero y Fibraltex; el 40% restante es aportado por importaciones provenientes de Brasil y China [3, 4].

El proceso productivo de los tejidos planos, dentro de los cuales está incluido el denim, tiene dos pasos fundamentales: el primero es el urdido y encolado, y el siguiente es el tejido, para luego darle distintos acabados en función de los requerimientos de los clientes [3, 9].

Los hilos que participan del proceso de urdido suelen teñirse con un colorante azul índigo, proveniente de la India, y luego son encolados o engomados para su protección antes de ser tejidos [3, 10, 11].

Luego, el hilo urdido y encolado obtenido ingresa al telar, donde se le incorpora otro hilo (la trama) y se obtiene el denim u otro tipo de tejido plano, por ejemplo, sustratos de 100% algodón para sábanas [3, 11].

Luego de obtener el tejido, se lleva a cabo el proceso de ennoblecimiento, que puede abarcar el teñido de la tela, su estampado, impermeabilización, entre otras [3, 9, 11].

En síntesis, los efluentes liberados por las industrias productoras de denim y otros tejidos planos (aquí están incluidas las tintorerías), deben tratar las aguas residuales obtenidas, las cuales poseen colorantes (como el azul índigo), colas, impermeabilizantes, grasas de los equipos y máquinas, entre otros. Ante esta situación, las autoras del presente trabajo comenzaron a investigar cómo se podría lograr que estas aguas se limpien de colorantes antes de que lleguen a la planta de tratamiento, y la posibilidad de recuperar los colorantes para su reutilización.

4.4. El desarrollo realizado por AITEX (Alcoy, España) y el asesoramiento de una de sus investigadoras

Luego de investigar a nivel nacional e internacional sobre el tratamiento de los efluentes que generan las industrias tintoreras textiles, se pudo contactar a investigadoras de AITEX (Alcoy, España), las cuales comentaron las experiencias obtenidas en el proyecto Life DyES4EVER (llevado a cabo entre los años 2013 y 2014), donde se construyó un prototipo que limpiaba parte de los efluentes generados por las tintorerías textiles y se recuperaban los colorantes utilizados [1, 12].

El proyecto DYES4EVER se centró en la encapsulación del colorante no fijado en el agua residual de los procesos de tintura de tejidos, naturales y sintéticos (algodón y poliéster) para su reutilización consiguiendo eliminarlo del agua. Fue concebido desde una perspectiva medioambiental, que incluye el uso de un elemento natural como son las ciclodextrinas, para que una vez recuperado el colorante pueda ser empleado nuevamente como materia prima (incluyendo el agua) y reduciendo los productos químicos empleados para tratar el agua.

Las ciclodextrinas son una alternativa para reducir el uso de químicos, ya que reducen la carga contaminante al encapsular los colorantes no fijados sin añadir más productos químicos.

La finalidad del proyecto fue demostrar la habilidad de las ciclodextrinas como agente encapsulante de colorantes, para que sean recuperados del agua residual y emplearlos en nuevos procesos de tintura.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se consiguió recuperar el colorante residual en un 95%, empleando las mismas ciclodextrinas en varios procesos, con la consiguiente reducción de costos en los procesos de purificación del agua [1].

4.5. Diseño del prototipo de un equipo de metal, en función de las características de la industria tintorera textil de Luján y de las ciclodextrinas obtenidas por las autoras del presente trabajo

Como se mencionó antes, las industrias textiles generan efluentes contaminantes que afectan tanto la calidad del suelo como del agua. Los colorantes presentes en estas aguas residuales se consideran contaminantes importantes ya que no son biodegradables. Ante la necesidad de desarrollar nuevos tratamientos que sean efectivos para un amplio rango de compuestos químicos se les ha prestado especial atención a las ciclodextrinas, moléculas cíclicas de origen natural derivadas del almidón, que poseen una forma de un cono truncado [1, 13].

En la Figura 2 se observa la estructura de las ciclodextrinas, con forma de cono truncado.

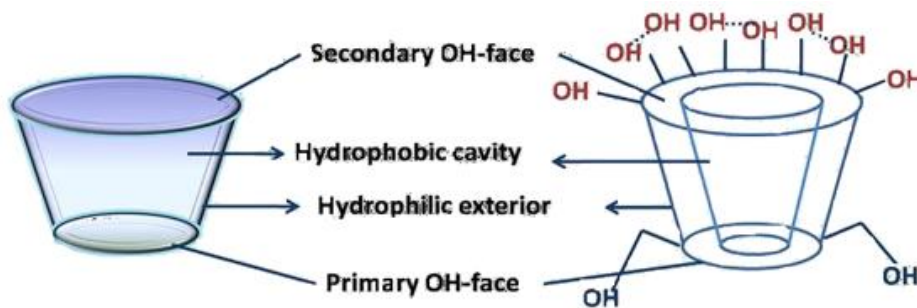


Figura 2. Estructura de las ciclodextrinas, [13].

La alternativa que se planteó en el laboratorio de Química biológica del Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu es la formación de un polímero de ciclodextrina con sepharosa, que es un material obtenido de polisacáridos derivados de la agarosa, extraído de algas marinas. Este polímero es biodegradable, no tóxico y necesita menos tratamiento químico durante su producción. Con la intención de poder transferir este proceso a la industria, se emplearon aguas residuales tomadas de la vertiente de efluentes de una empresa tintorera textil de la localidad de Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina. El colorante presente en las aguas residuales proveniente del descarte del proceso de teñido del hilado para tela de jean es el índigo, colorante hidroxí-indol que se solubiliza en medio básico (pH 10-12).

Los ensayos con agua residual conteniendo el colorante índigo se realizaron con las siguientes relaciones líquido/sólido: 12 mL/1 g, 12 mL/2 g y 12 mL/4 g; midiendo cada 5 minutos durante los primeros 15 minutos, y luego cada 15 minutos durante 1 hora [13].

La eficiencia del sistema se evaluó graficando espectros de absorción entre 400-700 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV1800.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el polímero β ciclodextrina-sepharosa desarrollado permitió remover el colorante índigo utilizado en el teñido del hilado para tela de denim de las aguas residuales de tintura en un 43%, a los 5 minutos de contacto (esto se observa en la Figura 3). Este proceso no sólo es útil para disminuir la contaminación de los efluentes generados, sino que también ofrece la posibilidad de reutilizar el agua tratada para nuevos procesos de lavado, y la reutilización del colorante en nuevas aguas de tintura debido a la posibilidad de liberación del colorante del β ciclodextrina-sepharosa [13].

Como los resultados obtenidos en el laboratorio fueron buenos, se comenzó a diseñar un prototipo metálico para limpiar el agua residual y recuperar los colorantes, inspirado en el proyecto DYES4EVER [1] pero teniendo en cuenta el contexto de las industrias tintoreras textiles argentinas, que no es el mismo que en Europa u otros países desarrollados. Este equipo contendrá al polímero de β ciclodextrina-sepharosa, que removerá los colorantes de los efluentes salidos de las máquinas tintoreras.

A continuación, se muestra la Figura 4, la cual se trata de un perfil productivo del proceso de impregnación de tejidos de algodón, y donde se señala que es en el foulard donde se realiza la impregnación o tintura de los tejidos (o hilados).

Y en la Figura 5 se observan máquinas foulares de perfil y de frente externo.

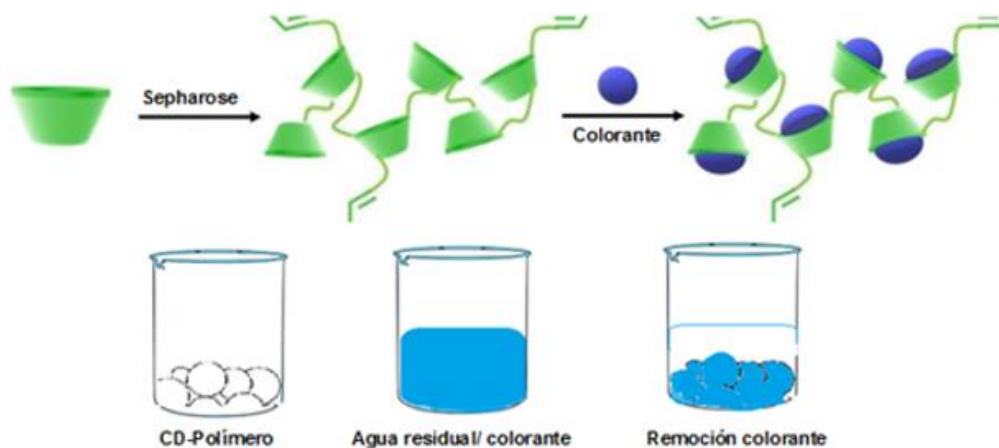


Figura 3. Remoción del colorante de aguas residuales utilizando ciclodextrinas, [13].

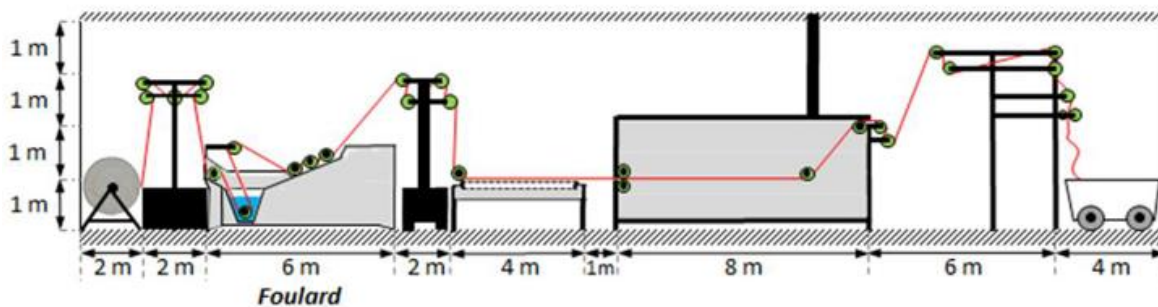


Figura 4. Perfil productivo del proceso de impregnación de tejidos de algodón, [3].

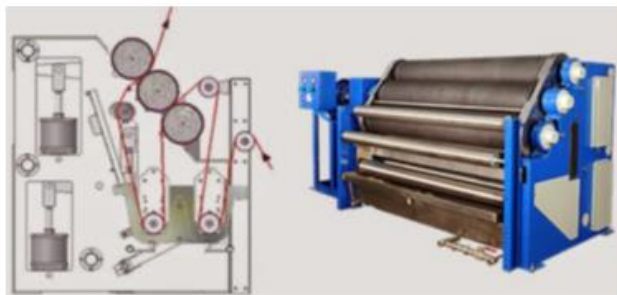


Figura 5. Máquinas foulard, de perfil y de frente externo, [14].

El proceso de impregnación comienza cuando un rollo de tela (o un grupo de hilados) ingresa a una máquina llamada foulard, que posee una serie de cilindros o rodillos que obligan al sustrato (o a los hilados) a pasar por una cubeta que está llena de algún producto químico, por ejemplo, colorantes. La cubeta debe tener las dimensiones adecuadas para acoger el mínimo indispensable de solución tintórea y que ésta se renueve constantemente, de forma automática, manteniendo siempre invariable su concentración y todas las demás constantes de presión, temperatura, etc. [14, 15]. La buena impregnación en la cubeta depende de la afinidad entre el colorante y el sustrato (o del hilado), pero también de la solución entre sí, puesto que ella transporta el colorante a la fibra o tejido. Las fuerzas tenso-activas entre la solución y el sustrato (o los hilados) condicionan la rapidez y efectividad de la impregnación; por ello es posible que a la solución tintórea se añadan productos humectantes (resinas) [14, 15].

En este contexto, la función del prototipo que se está diseñando será la de tomar el agua residual que sale del foulard (ver Figuras 4 y 5) por un lado, y por otro se le añadirá el polímero de β ciclodextrinas-sepharosa. Cuando el recipiente esté lleno, se producirá una agitación, la cual hará que las moléculas de los colorantes se encapsulen en las ciclodextrinas.

Finalizado el proceso de encapsulación, el agua residual sin colorantes saldrá del prototipo, para dirigirse a la planta de tratamiento. Las ciclodextrinas con colorante encapsulado decantarán en un filtro al salir el agua tratada. Dicho filtro se extraerá del equipo para ser secado, y de esta manera separar el colorante.

A continuación, se muestra un esbozo del prototipo que se está diseñando (Figura 6), inspirado en el Proyecto DYES4EVER [1], pero teniendo en cuenta el contexto de la industria tintorera textil argentina.

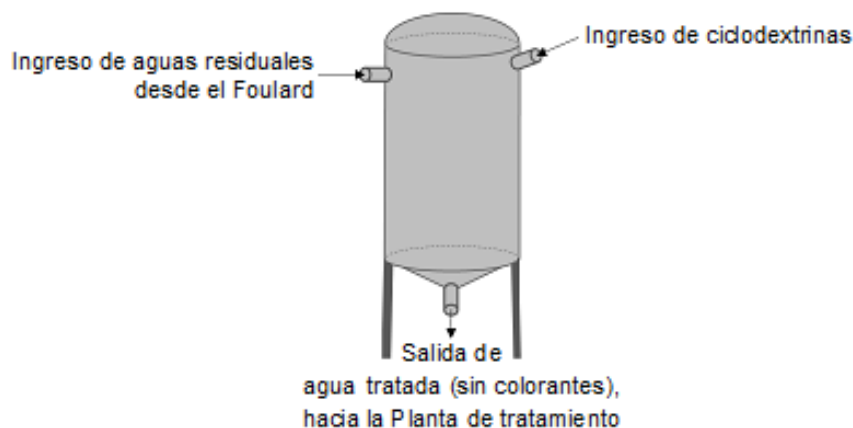


Figura 6. Esbozo del prototipo que se está diseñando en el presente proyecto, [16, 1, 12].

Si bien este prototipo se encuentra en la etapa de diseño y todavía se continuarán con las mejoras de resultados en el laboratorio, para mediados del año 2021 se espera terminar su diseño y determinar si el mismo es viable en la Argentina.

5. CONCLUSIÓN

El agua es un recurso muy importante para las industrias tintoreras textiles argentinas, haciendo que las mismas tengan necesidad de situarse en zonas con abundante agua y de calidad adecuada. El partido de Luján está atravesado por la cuenca media del Río Luján, y es cerca de sus orillas donde se encuentran implantadas empresas tintoreras textiles, como es el caso de las que están en el Parque Industrial Villa Flandria, en la localidad de José María Jáuregui (Partido de Luján).

Como las industrias textiles son potencialmente contaminantes para los recursos hídricos, en este trabajo se presenta una propuesta para la industria tintorera textil argentina, donde se plantea el esbozo del diseño (todavía en proceso) de un prototipo de metal, el cual separaría los colorantes de los efluentes textiles residuales, generando agua sin color para que sea dirigida a la planta de tratamiento; con esto se podría conseguir: la obtención de la mencionada agua sin color para re-utilizarla en los procesos una vez tratada, y la recuperación de los colorantes residuales, también para utilizarlos de nuevo en la impregnación de los tejidos o hilados.

Para esto, las autoras del presente trabajo estuvieron investigando en el laboratorio de Química biológica del Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu, donde se obtuvo un polímero con β ciclodextrina-sepharosa, que permitió remover en un 43% el colorante índigo (a los 5 minutos de contacto), utilizado en el teñido del hilado con el que se fabrica el tejido de denim en una tintorería industrial ubicada en el partido de Luján.

El objetivo de este proyecto llevado a cabo en los Departamentos de Ciencias Básicas y de Tecnología de la UNLu es seguir haciendo eficientes los resultados de laboratorio y materializar (en un futuro) dicho prototipo de metal, en el cual se mezclen el agua residual que liberan las máquinas tintoreras y el polímero con β ciclodextrina-sepharosa; luego, gracias a la agitación en el interior del prototipo, los colorantes se encapsularán en las ciclodextrinas, y una vez que haya culminado el tiempo de encapsulación, el agua sin color sale del equipo para ser trasladada a la planta de tratamiento. Al salir el agua, las ciclodextrinas decantarán sobre un filtro, el cual será secado para luego recuperar los colorantes que contienen, los cuales podrán re-utilizarse en los procesos textiles luego de su correspondiente acondicionamiento.

Para mediados del año 2021 se espera: finalizar el diseño del prototipo, determinar si el mismo será viable en Argentina y si podría ser posible su comercialización.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AITEX España, Color Print Fashion SL, Universidad Católica San Antonio de Murcia & Università Degli Studi Di Bari Aldo Moro. (2015). *DYES4EVER. Demostración de la técnica de ciclodextrinas en el tratamiento de agua residual en la industria textil para recuperar y reutilizar los colorantes. Informe Layman*. Proyecto Life, Unión Europea.
- [2] Gilabert, E. J. (2002). *Química textil. Tomo I: materias textiles*. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería textil y papelera. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Referencia 2002.876.
- [3] Lima Gonzalo L. G. (2018). *Tesis doctoral: Producto de alto impacto social, no innovador, como factor de la mejora de la competitividad. Propuesta para el sector textil y de indumentaria argentino*. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, Argentina.

- [4] Ferreyra, E. (2016). Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales: algodón, textil y vestimenta. Ministerio de ciencia, tecnología e innovación productiva. < <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047536.pdf> > (Consulta: agosto 2017).
- [5] Ambiente y territorio SA. (2017). Estudio de impacto ambiental Puente “De los Huesos”. Ambiente y territorio SA, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.
- [6] Consultora Ambiental Serman y Asociados. (2011). Plan integral y Proyecto obras de regulación y saneamiento río Luján.
- [7] Velázquez Ruíz A., Martínez R. L. & Carrillo González F. (2012). Caracterización climática para la región de Bahía de Banderas mediante el sistema de Koppen, modificado por García, y técnicas de sistemas de información geográfica. Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.
- [8] Momo F., Anita Z., Hughes E., Ventura A., Maccor T. & Ceretti H. (2010). Estado ecológico de la cuenca del río Luján y utilidad de los indicadores biológicos para su control. < <http://www.ciaclu.com.ar/DOCUMENTOS/2007/7/estadoecol%C3%B3gicodelriolujanTrabajoCompleto.pdf> > (Fecha de consulta: marzo de 2020).
- [9] Sánchez C., Socorro A., Donadío P. & Bossio J. (2005). La ruta textil argentina – TN&PLATEX, la moda nace con nuestro hilado. TN&PLATEX.
- [10] PIVF. (2014). Preparación del hilo de urdimbre y tintorería. Parque industrial Villa Flandria. Algoselan, José María Jáuregui, partido de Luján, Buenos Aires, Argentina. < <http://flandria.webnode.com/tintoreria2/> > (Fecha de consulta: octubre de 2017).
- [11] Gotusso, H. (2010). Encolado y secado de tejido. Tejeduría Santana Textiles. Septiembre de 2010. < <https://www.bing.com/videos/search?q=youtube+urdimbre+Y+ENCOLADO+algoSELAN&view=detail&mid=7C3967268234BFFB6C547C3967268234BFFB6C54&FORM=VRD GAR> > (Fecha consulta: octubre de 2017).
- [12] Blanes M. (2019). Entrevista sobre el proyecto Life DYES4EVER. AITEX, Alcoy. España.
- [13] Rodríguez Gastón J. A., Rosso A. M., Parra M., Lima Gonzalo L. G., Parisi M., Rossi A. L. & Rustoy E. M. (2019). Polímero de β CD-Sepharose con potencial aplicación para la remoción de colorantes en aguas residuales de la industria textil. *Congreso SAFYBI*, Buenos Aires, Argentina.
- [14] PTC. (2015). Capítulo 10: la máquina de tintorería (teñido). Programa de textilización, Ciencias textiles. <<https://programadetextilizacion.blogspot.com.ar/2015/02/capitulo-10-la-maquinaria-de-tintoreria.html> > (Consulta: octubre de 2017).
- [15] Miró Specos, M. (2017). Proceso de tintorería e impregnación. INTI, área de Textiles, Buenos Aires, Argentina.
- [16] Lima Gonzalo L. G., Rodríguez Gastón J. A., Rosso A. M., Parra M., Lima Gonzalo L. G. & Parisi M. (2020). Diseño de prototipo inspirado en el Proyecto DYES4EVER-AITEX (Alcoy, España). UNLu, Departamentos de Tecnología y Ciencias Básicas, Luján, Buenos Aires, Argentina.

Visión Estéreo Para Personas No Videntes con Cámaras de Bajo Costo

Neira, Rodolfo (*); Lurgo, Gerardo; Rubiolo, Bruno; Burgos, Fabián

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. De la Universidad 501. 2400- San Francisco (Córdoba) rodolfoneira8@gmail.com.

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

En este trabajo se presenta el avance del diseño de un equipo de visión estereo con cámaras de bajo costo capaz de detectar objetos dentro de una habitación, para facilitar la movilidad de personas no videntes dentro de la misma, evitando que sufra accidentes con algún objeto presente. Se trata de lograr una mejor integración social de la persona ciega, aumentando sus expectativas en cuanto a movilidad y libertad de acción. En la visión por computador y, dentro de ésta la visión estereoscópica, las imágenes son bidimensionales mientras que la escena cotidiana es tridimensional. Esto significa que, entre el paso de la escena que es la realidad, a la imagen, se ha perdido lo que denominamos la tercera dimensión. La visión estereoscópica constituye un procedimiento más para la obtención de esa tercera dimensión perdida y, a partir de ella en la medida de lo posible la obtención de la forma de los objetos en la escena. Con ellas se puede llegar a determinar la distancia a la que se encuentra un objeto cualquiera, contenido en las dos imágenes, respecto del observador. Las cámaras se utilizan para captar las imágenes y el computador se requiere para realizar los cálculos que determinan la distancia al sujeto. Con los avances en tecnología de cámaras digitales que presentan mejores capacidades de resolución, han permitido que se utilicen como una alternativa válida a la visión humana. Se ha demostrado que estas tecnologías favorecen la participación de la persona ciega en el medio familiar cercano y, también que posee un importante alcance psicológico desde lo emocional. Además, aumenta las posibilidades que tienen las instituciones relacionadas con esta temática al contar con tecnologías activas que posibilitan un mayor alcance para la atención efectiva de las personas que asisten. El uso de este equipo disminuye, de manera significativa los accidentes que se puedan ocasionar cuando al trasladarse la persona no vidente choque con objetos existentes y pueda producirse lesiones graves, reducir notablemente los inconvenientes que origina en los familiares directos, reduciendo tiempos improductivos de quien lo asiste o acompaña y, mejorando su calidad de vida al tener mayor autonomía para desenvolverse en su hogar o en otro ámbito donde desarrolle sus actividades. De este modo la problemática de la persona con discapacidad visual se la aborda de un modo más inclusivo, donde no solo se centra en ella la atención de manera exclusiva, sino que también incluye al grupo familiar más cercano y, a las instituciones que tratan esta situación.

Palabras Claves: Discapacidad Visual, Integración Social, Persona, Bajo costo, Cámaras

ABSTRACT

This paper presents the advancement of the design of a stereo vision equipment with low-cost cameras capable of detecting objects within a room, to facilitate the mobility of blind people within it, preventing them from suffering accidents with an object present. It is about achieving a better social integration of the blind person, increasing their expectations in terms of mobility and freedom of action. In computer vision and, within it, stereoscopic vision, the images are two-dimensional while the everyday scene is three-dimensional. This means that, between the passage from the scene that is reality, to the image, what we call the third dimension has been lost. The stereoscopic vision constitutes one more procedure for obtaining that lost third dimension and, from it, as far as possible,

obtaining the shape of the objects in the scene. With them, it is possible to determine the distance at which any object, contained in the two images, is from the observer. The cameras are used to capture the images and the computer is required to perform the calculations that determine the distance to the subject. With advances in digital camera technology that have better resolution capabilities, they have allowed them to be used as a valid alternative to human vision. It has been shown that these technologies favor the participation of the blind person in the close family environment and also that it has an important psychological scope from the emotional point of view. In addition, it increases the possibilities that institutions related to this issue have by having active technologies that allow a greater scope for the effective care of the people who attend. The use of this equipment significantly reduces accidents that may occur when the blind person collides with existing objects when moving and serious injuries may occur, notably reducing the inconvenience it causes to immediate family members, reducing unproductive times for those who do so. attends or accompanies and, improving their quality of life by having greater autonomy to function at home or in another area where they carry out their activities. In this way, the problem of the person with visual impairment is approached in a more inclusive way, where attention is not only focused on them exclusively, but also includes the closest family group and the institutions that treat this situation.

Keywords: Visual disability, Social integration, Person, Low cost, Cameras

Elaboración de un Modelo Referencial para la Gestión del Desarrollo de Productos para Empresas Alimenticias

Rossetti, Germán*; De Greef, Melisa; Arcusin, Leticia

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829 - 3000 Santa Fe – Argentina. *E-mail groseti@fiq.unl.edu.ar*

RESUMEN

La Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos (PDP) conlleva la realización de un conjunto de actividades, en las que deben intervenir la mayoría de las áreas funcionales de una organización. Cada una de estas actividades se lleva a cabo teniendo en cuenta el producto a desarrollar, la capacidad productiva, la estrategia comercial y la concepción filosófica de la empresa. En el presente trabajo se propone un modelo de Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos para Pequeñas y Medianas Empresas pertenecientes al sector alimenticio, radicadas en la zona del Gran Santa Fe, Argentina. Para diseñar dicho modelo, se tuvieron en cuenta los modelos referenciales de Rozenfeld (2006) y Penso (2003), así como también los parámetros característicos de las empresas del sector. En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica que permitió elaborar una serie de variables y categorías para diagnosticar la situación del PDP en las organizaciones. Luego, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a empresas del sector productivo radicadas en la región seleccionada y, a partir de la información obtenida, se definió el Nivel de Madurez del PDP en cada una de ellas. En función de los resultados alcanzados y los modelos referenciales mencionados, se elaboró el Modelo de Gestión de Desarrollo de Productos.

Palabras Claves: Modelo, Gestión, Desarrollo, Producto, Empresas

ABSTRACT

Product Development Process Management (PDP) involves the realization of a set of activities, in which most of the functional areas of an organization must intervene. Each of these activities is carried out taking into account the product to be developed, the productive capacity, the commercial strategy and the philosophical conception of the company. In this work, a management model is proposed for the product development process for small and medium-sized companies in the food sector, located in the Santa Fe metropolitan area. To design this model, the reference models of Rozenfeld (2006) and Penso were taken into account (2003), as well as the characteristic parameters of the companies in the sector. In the first place, a bibliographic search was carried out that allowed to elaborate a series of variables and categories to diagnose the situation of the PDP in the organizations. Then, semi-structured interviews were conducted with companies of the productive sector based in the selected region and, based on the information obtained, the level of maturity of the PDP in each of them was defined. Based on the results achieved and the reference models mentioned, the Product Development Management Model was developed.

Keywords: Model, Management, Development, Product, Companies

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual que atraviesa Argentina, las empresas deben sobrevivir en un mercado dinámico e impredecible, con ciclos de vida de los productos cada vez más cortos. Por consiguiente, las empresas que poseen ventajas competitivas centran sus objetivos en las variables: costo, tiempo y calidad, y principalmente en el proceso de desarrollo de productos [1, 2]. Por lo tanto, el desarrollo de nuevos productos es una actividad esencial para la supervivencia y competitividad de las empresas. Los productos deben gestionarse de modo que se introduzcan rápidamente en el mercado, satisfagan mejor las necesidades de los clientes, sean más fáciles de fabricar, resulten atractivos en el mercado y aseguren un cierto beneficio para la empresa. En este sentido, se deben considerar los objetivos que cada empresa desea conseguir en el futuro y de qué manera piensa alcanzarlos [3, 4].

La industria alimenticia es uno de los principales sectores productivos de la Región Centro de Argentina, y constituyen un eslabón fundamental en el entramado productivo de la nación. En sectores competitivos como éste, resulta indispensable contar con procesos que permitan mantener y conquistar nuevos mercados [5, 6]. En este sentido, gestionar correctamente el Proceso de Desarrollo de Productos permite a las empresas poder permanecer en el mercado y desarrollar una ventaja competitiva a partir de productos con mayor valor agregado para consumidores cada vez más exigentes.

Como se mencionó en la Región Centro de Argentina, conformada por las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, las industrias de mayor volumen son las manufactureras de origen animal y vegetal, siendo la industria alimenticia una de las actividades principales. La elaboración de productos alimenticios y bebidas es una actividad industrial predominante en el territorio, con alrededor del 30% de los locales industriales totales, captando además elevados porcentajes de mano de obra disponible [7]. Se debe aclarar que los sectores productivos más importantes de la región bajo estudio, son el metalmecánico y alimenticio, totalmente relacionados con la actividad principal que es la agroindustria [8, 9].

La visión de “Proceso de Desarrollo de Productos (en adelante PDP)” implica identificar y mejorar los procesos de la empresa. De esta manera, es deseable para las organizaciones incrementar su Nivel de Madurez del PDP, definido a partir de la aplicación de mejores prácticas en dicho proceso, desde la concepción del producto hasta su lanzamiento y seguimiento en el mercado [10] y abarca desde niveles básicos (actividades aleatorias, sin planificación ni repetición) hasta niveles avanzados (estructuración y estandarización) [11].

Resulta esencial, entonces, conocer primero cómo las distintas organizaciones llevan adelante el PDP, realizando entrevistas, tomando registros de las actividades y haciendo una observación in situ en los distintos sectores que conforman las empresas productoras de la zona considerada, identificando fortalezas y debilidades para poder determinar el nivel de madurez en el que se encuentran.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo consiste, en primer lugar, realizar un diagnóstico de las empresas del Gran Santa Fe (Argentina), un aglomerado urbano formado por la ciudad de Santa Fe, con algunas localidades vecinas del departamento La Capital (Arroyo Leyes, Recreo, San José del Rincón, Santo Tomé, Sauce Viejo y Monte Vera) formando un centro de relevancia, tanto a nivel provincial como nacional, y luego, diseñar un Modelo de Gestión de Desarrollo de Productos aplicable a las organizaciones pertenecientes a uno de los principales sectores productivos del país como ser el alimenticio, con la finalidad de mejorar los procedimientos realizados para el desarrollo de productos, de manera que se ajuste, adapte y sea aceptado por la comunidad productiva.

Dicho modelo de gestión se desarrolla en términos de un ambiente competitivo, teniendo en cuenta las estrategias y capacidades de la empresa, presentando los conceptos, las herramientas y el flujo de información aplicados en las diversas actividades para la comprensión y traducción de los requisitos de los clientes, mejorando las especificaciones del producto, de su proceso de producción y seguimiento.

2. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para alcanzar el objetivo perseguido en el presente proyecto, se utilizan datos e información primarios y secundarios. El estudio documental de modelos de Gestión del Desarrollo de Productos existentes en la bibliografía, permite realizar un relevamiento teórico referido al área bajo estudio. Por otro lado, se lleva a cabo una investigación exploratoria en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) del sector alimenticio, radicadas en el Gran Santa Fe, Argentina, con el objetivo de recopilar información relacionada con la forma en que efectúan la Gestión del PDP (actividades,

informaciones, recursos y organización). Se estudian PyMEs representativas del sector mencionado, en las cuáles se realiza un relevamiento de información; para tal fin se utilizan sistemas de entrevistas, registros de actividades y observación in situ.

La intervención en la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos comienza con un diagnóstico de la situación actual de las empresas, en lo que respecta a los procedimientos empleados en dicho proceso. La realidad actual se esquematiza a través de diagramas de flujo que representen las diferentes fases del PDP y luego se compara con los modelos obtenidos del estudio del arte llevado a cabo.

La investigación se caracteriza entonces como investigación cualitativa, y, a partir del conocimiento adquirido, se identifican premisas para la elaboración de un Modelo de Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos, así como herramientas y prácticas aplicables a dicho proceso. Tal modelo contempla las características del sector al cual pertenecen las PyMEs seleccionadas y debe ser adaptable al sistema organizacional y a la cultura de dichas empresas.

En la metodología cualitativa prevalece la lógica inductiva. La información obtenida está “ligada al contexto” que lleva a patrones teóricos o teorías y contribuye a explicar tendencias en la Gestión del PDP. La cuestión de la precisión de la información puede no aparecer en un estudio, y si lo hace, el investigador esboza los pasos para verificar la información con los informantes o la “triangulación” entre diferentes fuentes de información, para mencionar algunas técnicas disponibles. Los estudios cualitativos no comienzan con una teoría que deba ser verificada o probada. Consistentemente con el modelo inductivo de pensamiento, la teoría puede emerger durante la recolección de datos y/o la etapa de análisis, o ser usada relativamente tarde en el proceso de investigación como base de comparación con otras teorías [12, 13].

En la metodología cualitativa, la realidad es subjetiva y múltiple, tal como se observa desde la perspectiva de aquellos involucrados en una investigación. Además, el investigador interactúa con lo que investiga. La lógica inductiva supone que el investigador comienza por recoger información detallada, luego construye categorías o temas hasta que una teoría o patrón emergen. En un estudio cualitativo, el modelo inductivo de investigación supone que el investigador sigue los siguientes pasos: (i) recoge datos; (ii) formula preguntas; (iii) forma categorías; (iv) busca patrones (teorías) y (v) desarrolla teoría o compara patrones con otras teorías.

Se debe notar que el presente trabajo consiste en un estudio de casos, por lo tanto el investigador, explora una entidad o fenómeno singular (“el caso”) delimitado por tiempo y actividad (programa, evento, proceso, institución o grupo social), y recoge información detallada a través del uso de varias técnicas de recolección durante un período sostenido de tiempo. Por otro lado, en el método de estudio de caso los datos pueden ser obtenidos desde una variedad de fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas; esto es, documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalaciones u objetos físicos.

En cuanto al método científico, se aplica el hipotético-deductivo. El mismo tiene varios pasos esenciales: (i) observación del fenómeno a estudiar; (ii) creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno; (iii) deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y (iv) verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. Este método obliga al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación).

3. MARCO DE REFERENCIA Y METODOLÓGICO

La bibliografía que sirvió de base para el diagnóstico fueron los modelos propuestos por Rozenfeld et al. [14], que describen un modelo unificado para el desarrollo de productos, Penso [15], que propone un modelo para empresas alimenticias de Brasil y, De Paula [16], que es una adaptación del Modelo de Rozenfeld para el sector productor de fármacos. Los aportes de estos autores también sirvieron para definir los tres Niveles de Madurez en el PDP utilizados en el trabajo (Básico, Intermedio y Avanzado) y, finalmente, para diseñar el Modelo de Gestión propuesto.

La investigación en la que se enmarca este trabajo es de carácter exploratorio-descriptivo [13]. Luego de una búsqueda bibliográfica, se elaboró una tabla de variables, subvariables y categorías con el objeto de diagnosticar la situación del PDP en las organizaciones. A continuación, se elaboró un cuestionario semi-estructurado a partir de la tabla de diagnóstico. Dicho cuestionario se aplicó a 18 empresas productoras de alimentos de la región mencionada (identificadas como “A1” a “A18” para mantener la confidencialidad).

Las preguntas de los cuestionarios se encuentran divididas en 3 grupos: (i) información general de la empresa (tamaño, estructura, tipo de producto que fabrican, mercado al que

abastecen), (ii) información sobre los procedimientos relacionados con la Gestión del PDP, y (iii) información sobre las dificultades encontradas en la Gestión del PDP. Las entrevistas se realizaron dentro de las empresas seleccionadas, habiendo sido previamente acordadas con los entrevistados.

La forma elegida para la conducción de las entrevistas es del tipo semi-estructurada. A partir de la información obtenida, se definió el Nivel de Madurez del PDP en cada una de ellas, y, finalmente, se procedió a realizar una propuesta de un Modelo de Gestión para el Desarrollo de Productos aplicable a Pequeñas y Medianas Empresas del Gran Santa Fe, Argentina, de uno de los sectores productivos de mayor impacto “Elaboración de Alimentos”. Dicho modelo se desarrolló contemplando las características del sector al cual pertenecen las empresas seleccionadas y sea adaptable al sistema organizacional y a la cultura de las mismas.

4. DIAGNÓSTICO

A continuación, se presentan en las distintas tablas las variables y subvariables que se construyeron para efectuar el diagnóstico de las empresas en lo que respecta al PDP. En la Tabla 1 se presenta la variable “Estructura de Desarrollo” y sus subvariables. Esta variable evidencia la relevancia que la organización otorga al PDP en términos de estructuras materiales.

Tabla 1. Variable “Estructura de Desarrollo” y subvariables para el diagnóstico. Elaboración Propia

Variable	Subvariable
ESTRUCTURA DE DESARROLLO	1. FORMALIZACIÓN DEL ÁREA Existencia en el organigrama un área específica usualmente vinculada a las actividades de la fase de Desarrollo
	2. COMPOSICIÓN DEL ÁREA Personas involucradas y modo en que se lleva adelante el proceso

En la Tabla 2, 3 y 4 se presentan las variables construidas a partir de las actividades realizadas en relación al PDP, que son aquellas que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente con el PDP. En este caso se toma cada actividad como subvariable y, a los efectos de ordenar el análisis, se presentan en función de las tres “MACROFASES” en las que suelen ser agrupadas por los autores (actividades de Pre-desarrollo, Desarrollo y Pos-desarrollo).

Tabla 2. Variable “Pre-Desarrollo” y subvariables para el diagnóstico. Elaboración Propia

Variable	Subvariables
PRE-DESARROLLO	3. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA Y DE PRODUCTOS Actividades relacionadas a alinear el planeamiento del PDP con el planeamiento estratégico de la empresa
	4. ANÁLISIS DEL ENTORNO Actividades relacionadas al análisis del mercado y de la empresa en pos de detectar oportunidades de desarrollo.
	5. PROCESO DE GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE IDEAS Actividades relacionadas a recolectar información, generar ideas de nuevos productos (o modificación de existentes) y realizar una selección de las mismas.
	6. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN DE LAS IDEAS Actividades relacionadas a analizar la oportunidad de la/s idea/s seleccionada/s, y su viabilidad técnica y comercial, y una vez aprobada, avanzar hacia la fase de Desarrollo.

Tabla 3. Variable “Desarrollo” y subvariables para el diagnóstico. Elaboración Propia

Variable	Subvariables
DESARROLLO	<p>7. DESARROLLO DE CONCEPTO Y EVALUACIÓN</p> <p>Actividades relacionadas al cometido de traducir la idea en especificaciones de producto. Incluye un análisis pormenorizado de las necesidades de los consumidores y de los requisitos del producto, avanzando en la concepción del producto (incluyendo investigación de materias primas, ingredientes, procesos de fabricación, de conservación, preparación y uso) para desarrollar alternativas de formulación, procesos de fabricación, parámetros de procesos, entre otros, y proceder a su evaluación, para luego desarrollar el prototipo.</p>
	<p>8. REALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROTOTIPO</p> <p>Actividades relacionadas a la experimentación o prueba en escala reducida (unidades) en laboratorios y su posterior evaluación, que incluye análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y de vida útil, procediendo a continuar el proceso con uno o pocos prototipos.</p> <p>Nota: En ocasiones, cuando se trata de pequeñas modificaciones o de extensiones de línea (como un nuevo sabor para un yogur) las empresas pueden omitir esta fase y realizar una prueba directamente en la línea de producción (lote piloto).</p>
	<p>9. ANÁLISIS DE VIABILIDAD</p> <p>Actividades que, a partir del prototipo, involucran un análisis comercial, financiero y técnico más preciso sobre costos, proveedores, distribuidores, clientes, procesos internos, entre otros.</p>
	<p>10. EJECUCIÓN DEL LOTE PILOTO</p> <p>Actividades vinculadas a la planificación y ejecución del lote piloto (una cantidad determinada de unidades de producto: un batch, cierta cantidad de producción en línea, etc).</p>
	<p>11. EVALUACIÓN DEL LOTE PILOTO Y PREPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</p> <p>Actividades orientadas a evaluar el lote piloto (análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales, de vida útil y de estabilidad del producto) y, posteriormente, a homologar y registrar el producto y el proceso, para dar lugar a la liberación de la producción.</p>
	<p>12. LANZAMIENTO DEL PRODUCTO</p> <p>Actividades relacionadas a desarrollar y ejecutar estrategias de distribución, ventas, publicidad y promoción, entre otras.</p>

Tabla 4. Variable “Pos-Desarrollo” y subvariables para el diagnóstico. Elaboración Propia

Variable	Subvariables
POS-DESARROLLO	<p>13. EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES</p> <p>Actividades relacionadas a conocer y analizar la satisfacción del cliente (experiencia en relación al producto, lealtad de los consumidores, etc) con el objeto de introducir mejoras u optimizar el producto/proceso.</p>
	<p>14. DESEMPEÑO DEL PRODUCTO</p> <p>Actividades de monitoreo sobre aspectos comerciales, productivos y servicios complementarios, con el objeto de introducir mejoras u optimizar el producto/proceso.</p>

En la Tabla 5, se presentan otras variables y sus subvariables que se construyeron para llevar adelante el diagnóstico de cada empresa en lo que respecta al PDP. Dichas variables se definieron en función de las actividades asociadas al Proceso de Desarrollo de un Producto.

Cabe destacar que cada una de las 19 variables y subvariables puede presentarse en tres categorías (Básico, Intermedio y Avanzado). Por ejemplo, para la subvariable número 3, Planificación estratégica y de productos, las categorías elaboradas son: Básico: la estrategia general de la empresa se centra en la experiencia/intuición de los directivos, y el desarrollo de productos sigue la misma lógica; Intermedio: la empresa tiene algunos objetivos estratégicos e intenta orientar el PDP hacia esas metas, revisando y actualizando la cartera de productos; Formal: la planificación estratégica de la empresa considera la planificación del PDP, lo que permite atender objetivos corporativos a través del desarrollo de productos.

Tabla 5. Otras variables y sus subvariables para el diagnóstico. Elaboración Propia

Variable	Subvariable
15. GATES Son los “puntos de decisión” posicionados entre las etapas críticas del PDP, cuyo objetivo es, luego de algún tipo de evaluación, decidir la continuidad del proyecto, su re-direccionamiento o su congelamiento.	
16. CRONOGRAMA Contempla la existencia del listado de los elementos terminales de un proyecto con sus fechas previstas de comienzo y final.	
COMUNICACIÓN Mecanismos de intercambio de información interna.	17. REUNIONES Agrupación de personas en un momento y espacio dados, con un propósito común.
	18. FLUJO DE INFORMACIÓN Forma en que circula la información interna en la organización. Se refiere al canal empleado (oral o escrito) y al modo en que se utilizan los registros (individual o compartido).
19. DOCUMENTACIÓN Tipos de documentos que la empresa elabora y utiliza para el PDP, incluyendo su nivel de estandarización y su almacenamiento.	

En la Tabla 6 se muestra la categorización de las 18 empresas productoras de alimentos entrevistadas: cada empresa se fue vinculando a una de las tres categorías de cada una de las 19 variables y subvariables. A partir de un análisis de frecuencia simple de las categorías, se determinó el nivel de madurez de las empresas (Básico, Intermedio o Avanzado).

Tabla 6. Categorización de las empresas productoras de alimentos analizadas. Elaboración Propia

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Básico	1	0	0	5	16	0	0	0	17
Intermedio	16	2	1	14	3	1	2	2	2
Avanzado	2	17	18	0	0	18	17	17	0
	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
Básico	5	16	0	17	2	1	0	17	0
Intermedio	14	3	8	2	17	14	6	2	16
Avanzado	0	0	11	0	0	4	13	0	3

En función al análisis, se observa que un grupo de siete empresas (A2, A3, A6, A7, A12 y A16) presenta un Nivel Avanzado en la Gestión del PDP, reconociendo la importancia de este proceso para la supervivencia de la empresa y para la diferenciación de sus competidores. Se caracterizan por contar con estandarización en la mayoría de las actividades, lo que permite gestionar el PDP a partir de indicadores de desempeño. Se destaca que en el sector alimenticio estas empresas representan el 57%. Se observa, además, otro grupo de empresas (A5, A9, A11,

A13 y A17) que, si bien realiza acciones para generar nuevos productos (o modificar existentes), no considera al desarrollo de productos como un proceso de negocio, y las actividades se efectúan en forma desestructurada. El proceso se sustenta en una estrategia que sólo es conocida y manejada por el o los encargados, dificultando una gestión sistemática del PDP. Este análisis permite ubicarlas en el Nivel de Madurez Básico. En el sector alimenticio estas empresas representan el 14%. Finalmente, el grupo de empresas A1, A4, A10, A14, A15 y A18 se encuentra en la categoría Intermedia de Nivel de Madurez en el PDP: el desarrollo de productos presenta mayor estabilidad y comienza a concebirse como un proceso de negocio. En el sector alimenticio representan el 29%.

4. MODELO DE GESTIÓN DEL PDP

El análisis realizado evidencia que existen diferencias en la gestión del desarrollo de productos entre las empresas del sector alimenticio de la región bajo estudio. Algunas disponen de un modelo de Gestión de PDP definido con metodologías y prácticas internalizadas para su aplicación sistemática, mientras que otras poseen escasa sistematización en la Gestión del PDP.

Entonces, si bien algunas organizaciones cuentan con un PDP internalizado, varias empresas estarían en condiciones de estructurar el PDP o bien incorporar mejoras en su gestión. Para ello, es conveniente contar con un modelo que sirva como referencia. Del análisis bibliográfico, se observa que el Modelo de Rozenfeld, está planteado como un modelo genérico y unificado, proveniente del área de la metalmecánica, y puede contemplar las necesidades o realidades de los casos de estudio. Por estas razones se procedió a elaborar un Modelo de Gestión del PDP aplicable a las empresas seleccionadas de la región del Gran Santa Fe, Argentina, que se presenta a continuación en la Figura 1 y Tabla 8.

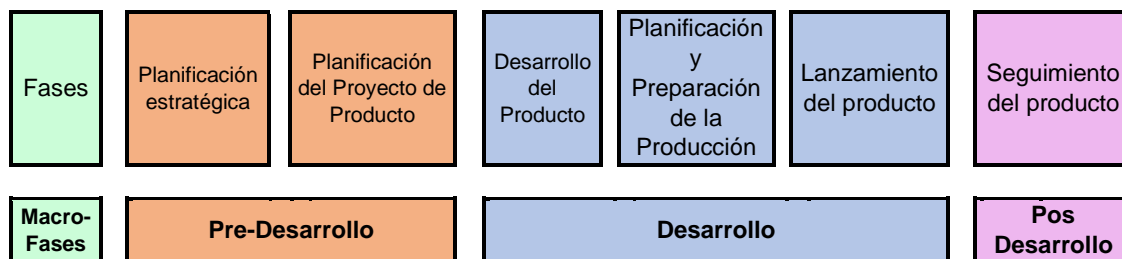


Figura 1. Modelo de Gestión del PDP aplicable a Empresas del Gran Santa Fe, Argentina. Elaboración Propia.

Tabla 8. Modelo de Gestión del PDP aplicable a Empresas del Gran Santa Fe, Argentina. Elaboración Propia

Macro fases	Fases	Actividades
PRE-DESARROLLO	1. Planificación Estratégica	1.1 Analizar el mercado y la empresa 1.2 Definir objetivos y estrategias generales de la organización (plan estratégico) 1.3 Definir objetivos y estrategias de Desarrollo de Producto 1.4 Alinear el planeamiento del PDP y el plan estratégico 1.5 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas
	2. Planificación del proyecto de Producto	2.1 Recolectar información para generar ideas de nuevos productos 2.2 Clasificar las ideas y seleccionar las que se desarrollarán 2.3 Analizar la oportunidad de la/s idea/s seleccionada/s 2.4 Realizar primer análisis de viabilidad (técnica/económica/comercial/legal/ambiental) 2.5 Seleccionar el producto a desarrollar (proyecto de producto) 2.6 Diseñar el plan para la gestión del proyecto de producto (interesados, alcance, calidad, recursos humanos, adquisiciones, tiempos, costos, comunicaciones y riesgos). 2.7 Aprobar el proyecto de producto para su desarrollo 2.8 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas

Tabla 8. (continuación) Modelo de Gestión del PDP aplicable a Empresas del Gran Santa Fe, Argentina. Elaboración Propia

Macro fases	Fases	Actividades
DESARROLLO	3. Desarrollo del Producto	3.1 Traducir la idea en especificaciones de producto 3.2 Desarrollar prototipo/s en función a las especificaciones de producto 3.3 Probar prototipo/s en escala reducida (unid.) en laboratorios y realizar evaluaciones (análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y de vida útil), continuando el proceso con uno o pocos prototipos. 3.4 Profundizar análisis de viabilidad (técnica/económica/comercial/legal/ambiental) 3.5 Planificar y ejecutar el lote piloto (cantidad determinada de unid.) 3.6 Realizar análisis: físico-químicos, microbiológicos, sensoriales, vida útil y estabilidad 3.7 Detallar el producto, diseñar embalaje 3.8 Homologar/registrar el producto y el proceso, y comenzar la planificación producción 3.9 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas
	4. Planificación y Preparación de la Producción	4.1 Diseñar el proceso de fabricación/almacenamiento/distribución 4.2 Definir proveedores y distribuidores 4.3 Actualizar estudio de viabilidad 4.4 Comenzar la producción 4.5 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas
	5. Lanzamiento del producto	5.1 Desarrollar estrategias de distribución, precio, promoción y ventas 5.2 Definir el proceso de atención al cliente 5.3 Planificar el lanzamiento 5.4 Realizar el lanzamiento el producto 5.5 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas
POS DESARROLLO	6. Seguimiento del producto	6.1 Evaluar satisfacción de los clientes para retroalimentar el PDP Planificar modificaciones para mejoras 6.2 Monitorear desempeño del producto (aspectos comerciales y productivos) 6.3 Evaluar el ciclo de vida del producto 6.4 Implementar, si corresponde, plan de retiro del producto 6.5 Documentar las decisiones tomadas y registrar lecciones aprendidas

El modelo se estructura en tres macro-fases, debido a que resultan adecuadas para ordenar y agrupar las diferentes actividades propias del PDP en una secuencia simple, lógica y de fácil comprensión y visualización. Cada macro-fase cuenta a su vez con fases que implican considerar dichas actividades en grupos de actividades de las que se espera un resultado, documentado, y para las que se requiere algún tipo de aprobación (“gate”) para continuar con el PDP.

Finalmente, cada fase presenta la serie de actividades y tareas requeridas para realizar el desarrollo de productos (productos nuevos o modificaciones de productos existentes).

5. CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo fue elaborar un modelo de Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos para Pequeñas y Medianas Empresas del sector alimenticio, radicadas en la región del Gran Santa Fe, Argentina. Para diseñar dicho modelo, se tuvieron en cuenta los modelos referenciales de Rozenfeld (2006) y Penso (2003), así como también los parámetros característicos de uno de los sectores productivos de mayor relevancia de dicha región, es decir “Industrias Alimenticias”. A continuación, se detallan las principales conclusiones obtenidas:

- Las variables, subvariables y categorías construidas han sido de utilidad para efectuar el diagnóstico, dado que presentan la suficiente amplitud para reflejar la situación actual del PDP en cada empresa seleccionado para el estudio de la región del Gran Santa Fe, Argentina.
- Las empresas estudiadas del mismo sector productivo presentan diferentes Niveles de Madurez del PDP. Algunas disponen de un modelo de Gestión de PDP definido con metodologías y prácticas del PDP internalizadas para su aplicación sistemática, mientras que otras poseen escasa sistematización en la Gestión del PDP. Ello permitiría concluir que las diferencias pueden observarse, fundamentalmente, en relación al tamaño de las organizaciones (a mayor tamaño, mayor grado de sistematización del PDP).
- A partir de la bibliografía analizada y de la información suministrada por las empresas, la utilización de un modelo referencial para el PDP auxilia, organiza y direcciona el desarrollo de nuevos productos, permitiendo contextualizar la importancia y aplicación de las herramientas y metodologías ligadas a la Gestión del PDP.
- Considerando el diagnóstico realizado, se presenta un Modelo de Gestión orientado a las empresas productoras de alimentos que constituye uno de los principales sectores productivos de la región, cuyas fases y actividades son factibles de incorporar progresivamente para facilitar la organización del desarrollo de nuevos productos. Lo cual traerá aparejado ventajas significativas, que mejorarán la comprensión de las necesidades del cliente en las fases iniciales del desarrollo, disminuyendo la duplicación de trabajo en las etapas de desarrollo propiamente dicho y facilitando el control de los costos, calidad y cronograma durante el desarrollo. De esta manera, las empresas lograrán ser más competitivas y creativas al momento de ofrecer productos a precios competitivos y de calidad.

Se debe notar que para aplicar el modelo de Gestión de Desarrollo de Productos en Pequeñas y Medianas Empresas del sector alimenticio, radicadas en la región del Gran Santa Fe, Argentina, el cual se ha presentado en este trabajo, es necesario realizar primero un diagnóstico de la empresa en lo que respecta a su PDP. Luego, en función de dicho diagnóstico se elaboran “Proyectos de Intervención”, que proporcionan las herramientas para que la empresa se adapte en forma progresiva al modelo propuesto. Por otra parte, es necesario la capacitación en la temática, es decir en el Modelo de Gestión del PDP, para que todos los actores de la empresa se involucren en el desarrollo de nuevos productos o bien en mejorar productos existentes en función de las exigencias del mercado.

6. REFERENCIAS.

- [1] Abu, N.; Deros, B.; Wahab, D.; Rahman, N.; Mansor, M. (2012). “The Pre-Development Process Implementation of Product Innovation: A Malaysian Food and Beverage Manufacturing SMEs Survey”. *International Journal of Business and Management Science*, V. 5, N°1, pp. 11-29. USA.
- [2] De Greef, M.; Arcusin, L.; Rossetti, G. (2017). “Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos: Estudio de los Niveles de Madurez en Industrias Alimenticias”. *Iberoamerican Journal of Project Management*, V. 8, N°2, pp. 94-117. Argentina.
- [3] Rossetti, G.; Ferreira, D.; Cavalero, L. (2017). “Diagnostic and Proposal of Improvement for the Innovation Management in a Technological Company”. *Iberoamerican Journal of Project Management*, V. 8, N° 2, pp. 33-52. Argentina.
- [4] De Greef, M.; Arcusin, L.; Rossetti, G. (2017). “Comparative Analysis of Product Development Process Management at Food Industries”. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, V. 30, N° 3, pp. 51-60. Pakistán.

- [5] Nicolini, J.; Fardelli Corropolese, C.; Ramírez, O.; Zalazar, R.; Cusolito, F.; Abrevaya, C. (2007). *Desarrollo de Productos. Un análisis en PyMEs*. Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires. Argentina.
- [6] Lerma Kirchner, A. (2010). *Desarrollo de Nuevos Productos, una Visión Integral*. Cengage Learning. México.
- [7] Cabello, A.; Pérez Barcia, V.; Lifschitz, E.; Rodríguez Salto, L.; Salama, A. (2011). *Análisis del Complejo Industrial Metal Mecánico. Centro de Economía Regional y Espacial*. Documento N° 7. Universidad Nacional de San Martín. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo, Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, Presidencia De La Nación. (2016). *Informes de Cadenas de Valor*. Buenos Aires. Argentina.
- [9] Federación Industrial de Santa Fe (2016). *Informe de Actualidad Industrial de Santa Fe*. Santa Fe. Argentina.
- [10] Kahn, K. B.; Kay, S. E.; Slotegraaf, R. J.; Uban, S. (2015). *The PDMA Handbook of New Product Development*. John Wiley & Sons. New York. USA.
- [11] Montañó Arango, O.; Corona Armenta, J.; Medina Marín, J. (2009). "Modelo que identifica el nivel de madurez de los procesos de las pequeñas empresas del sector industrial". *XII Congreso Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas A. C. (ACACIA)*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tijuana. México.
- [12] Sautu, R.; Boniolo, P.; Dalley, P.; Elbert, R. (2005). *Manual de Metodología. Construcción del Marco Teórico, Formulación de los Objetivos y Elección de la Metodología*. CLACSO. Buenos Aires. Argentina.
- [13] Ynoub, R. (2014). *Cuestión de Método. Apuntes para una Metodología Crítica*. Cengage Learning. México.
- [14] Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C.; Silva, S. L.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K. (2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma Referência para a Melhoria de Processo*. Saraiva. São Paulo. Brazil.
- [15] Penso, C. (2003). *Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos na Indústria de Alimentos*. Tesis de Maestría, Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brazil.
- [16] De Paula, I. C. (2004). *Proposta de um Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos Farmacêuticos*. Tesis de Doutorado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Brazil.

Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución económica de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (PICT 2015 - N°1629) y de la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D 2016 PI 50120150100216LI).

Gestión del Ciclo de Vida del Producto en la Industria 4.0

Salimbeni, Sergio

*Instituto de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.
Lavalle 1854, CABA, Argentina. sergio.salimbeni@usal.edu.ar*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

La demanda del mercado es cambiante, lo que redundará en la reconfiguración de las cadenas de valor de los proveedores, empresas y clientes. Las compañías buscan diferenciarse a través del agregado de valor a sus productos y servicios. Los productos inteligentes, desde su concepción hasta su retiro o reutilización son una pieza clave en esta nueva revolución industrial. La Industria 4.0 permite una gestión extremo a extremo, desde el relevamiento de los requerimientos del cliente, hasta la reutilización o reciclaje. Gestionar la información del ciclo de vida del producto ofrece respuestas a las necesidades actuales de la demanda y mejora el desempeño de las empresas. Para ello, la Industria 4.0 puede lograr, entre otros desafíos, la convergencia entre los Sistemas de las Tecnologías de la Información y los Sistemas de Tecnología Operacional. Para este trabajo se estudiaron artículos científicos y las normas IEC 62.890 y IEC 62.264. El objetivo principal del estudio fue proponer una fase adicional al Ciclo de Vida del Flujo de Valor del Modelo de Arquitectura de Referencia de la Industria 4.0, combinándolo con una integración tanto horizontal como vertical. Se propone, para futuras investigaciones, su validación a través de un caso práctico de digitalización de los productos y del proceso central de una empresa.

Palabras Claves: Industria 4.0; Ciclo de Vida del Producto; Flujo de Valor; RAMI 4.0; Producto Inteligente

ABSTRACT

Market demand is changing, which results in the reconfiguration of the value chains of suppliers, companies and clients. Companies seek to differentiate themselves by adding value to their products and services. Smart products, from their conception to their removal or reuse, are a key piece in this new industrial revolution. Industry 4.0 allows an end-to-end management, from the survey of customer requirements, to reuse or recycling. Managing product life cycle information provides answers to the current demand needs and improves business performance. For this, Industry 4.0 can achieve, among other challenges, the convergence between Information Technology Systems and Operational Technology Systems. During this this work, scientific articles and the IEC 62.890 and IEC 62.264 standards were studied. The main objective of the study was to propose an additional phase to the Value Flow Life Cycle of the Industry 4.0 Reference Architecture Model, combining it with both horizontal and vertical integration. It is proposed, for future research, its validation through a practical case of digitization of products and the core process of a company.

Key Words: Industry 4.0; Product Life Cycle; Value Stream; RAMI 4.0; Smart Product

Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería mecánica.

Dr. Ing. Mina, Hector*; Ing. Bailo, Alejandro; Ing. Giordano, Emanuel

**UTN Facultad Regional San Francisco (Córdoba)
Avenida de la Universidad 501-2400 San Francisco (Córdoba)
hector.omar.mina@gmail.com*

RESUMEN

En este trabajo se presenta una implementación de la técnica de optimización topológica (OT) aplicada al diseño de elementos mecánicos. La OT es un método numérico que ha captado el interés de ingenieros y científicos en los últimos años, pues permite la síntesis de estructuras con valores óptimos de uno o varios de sus parámetros físicos. La reducción de peso en estructuras mecánicas es importante por su impacto en el ahorro de energía al reducir la inercia en máquinas y vehículos, además de la posible reducción de costos de fabricación. El estudio realiza una optimización de la topología no paramétrica de piezas, a partir de un espacio de diseño, considerando todas las cargas, sujeciones y restricciones de fabricación aplicadas, buscando una nueva redistribución de materiales dentro de los límites máximos permitidos. El componente optimizado en este trabajo cumple todos los requisitos mecánicos y de fabricación requeridos. Se comienza con el objetivo de mayor rigidez por unidad de peso para obtener una forma inicial de dicho componente. Además del objetivo de optimización, se puede definir restricciones de diseño para asegurarse de que se cumplan las propiedades mecánicas necesarias, tales como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Palabras clave: diseño mecánico, optimización topológica, reducción de peso.

ABSTRACT

This paper presents an implementation of the topological optimization technique (OT) applied to the design of mechanical elements. OT is a numerical method that has captured the interest of engineers and scientists in recent years, since it allows the synthesis of structures with optimal values of one or more of its physical parameters. The reduction of weight in mechanical structures is important for its impact on energy savings by reducing inertia in machines and vehicles, in addition to the possible reduction of manufacturing costs. The study performs an optimization of the non-parametric topology of parts, from a design space, considering all the loads, fasteners and manufacturing restrictions applied, looking for a new redistribution of materials within the maximum limits allowed. The optimized component in this work meets all the required mechanical and manufacturing requirements. It begins with the objective of greater rigidity per unit of weight to obtain an initial form of said component. In addition to the optimization objective, design restrictions can be defined to ensure that the necessary mechanical properties, such as maximum deviation, percentage of mass removed and manufacturing processes, are met.

Keywords: mechanical design, topological optimization, weight reduction

1. INTRODUCCIÓN

Optimización topológica (OT) es un método matemático basado en elementos finitos que se encarga de distribuir la menor cantidad de masa de material dentro de un volumen disponible (dominio) procurando al mismo tiempo la máxima rigidez posible (o mínima flexibilidad) para un determinado estado de carga (condiciones de carga) y restricciones (condiciones de contorno). En un estudio de topología, se puede establecer un objetivo de diseño para encontrar la mayor rigidez al cociente de peso, minimizar la masa o incluso reducir el desplazamiento máximo de un componente. También se puede definir restricciones como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Por ejemplo, cuando se diseña el ala de un avión se desea obtener el menor peso posible, asegurando una rigidez y resistencia adecuadas. El problema de la máxima rigidez con restricción de volumen es de gran importancia en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Estructuras, pues permite reducir el peso final del elemento mecánico o estructural, conservando su rigidez y funcionalidad. Partes mecánicas de bajo peso implican menores costos por material y menor consumo de combustible en el caso de vehículos de transporte [1]. En general, la reducción de la inercia en partes en movimiento, sea maquinaria o vehículos, disminuye la cantidad de energía necesaria para su operación.

La OT es un campo de investigación de rápido crecimiento, donde intervienen distintas áreas como son las matemáticas, la mecánica y las ciencias computacionales, y que cuenta con importantes aplicaciones prácticas en la industria y en el sector de manufactura. En la actualidad, la OT es usada en las industrias aeroespacial, automotriz, de obras civiles, entre otras.

1.1 Reseña histórica

Los principios básicos sobre la teoría de la optimización se sitúan cronológicamente entre los siglos XVII y XVIII (ver ref. [8]):

- Galilei (1638): forma óptima de una viga en voladizo, con una carga puntual en su extremo libre.
- Leibniz (1646-1716): cálculo infinitesimal.
- Lagrange (1736-1813): cálculo de variaciones (valores extremos de una función de funciones). Hamilton (1808-1865): principio de mínima acción.
- Michell (1904): principios fundamentales para el diseño óptimo de barras de peso mínimo.

Entre los años 1940 y 1950 el trabajo fundamentalmente fue analítico. Schmit y Farshi (1974) estuvieron entre los primeros autores que propusieron una declaración comprensiva sobre las técnicas de programación matemática. Durante la década de 1970, la optimización de estructuras disfrutó de una intensiva investigación, pero desgraciadamente fueron pocas las aplicaciones prácticas. Francavilla, Ramakrishnan, y Zienkiewicz (1975) propusieron caracterizar la forma óptima con el objetivo de minimizar la concentración de tensiones, a través de parámetros geométricos predefinidos.

Oda (1977) presentó un estudio donde se obtienen las formas óptimas correspondientes a dos problemas planos introduciendo cambios en algunos elementos finitos preseleccionados. Rodríguez y Sereig (1985) introducen un algoritmo basado en FEA (Finite Elements Analysis) donde la forma óptima se alcanza maximizando el empleo del material. Mattheck y Burkhardt (1990) plantearon un método de optimización basándose en la analogía entre la geometría de la estructura, y el mecanismo de crecimiento del árbol con el objetivo de minimizar las concentraciones de tensiones. Xie y Steven (1993) presentan un método denominado ESO (Evolutionary Structural Optimization), el cual mediante un sencillo proceso iterativo va retirando el material menos eficiente del diseño. Bendsøe y Kikuchi (1993) desarrollaron el método de homogenización en el cual un modelo de material con pequeñas cavidades se introduce en el diseño, resolviendo el problema de diseño óptimo mediante la determinación de la porosidad ideal. En la actualidad, los algoritmos basados en el proceso de la selección natural y evolución biológica (algoritmos evolucionarios) se confirman como la metodología más potente y robusta para el diseño óptimo (Woon, Tong, Querin, y Steven, 2003). En los sucesivos apartados se elabora una descripción más extensa sobre algunos de estos métodos, así como otras técnicas que establecen el actual marco para la resolución del problema de diseño óptimo en estructuras continuas.

Schmidt, propuso una idea revolucionaria que dio origen a una nueva disciplina: los ingenieros, en general, tratan de diseñar objetos o sistemas de coste mínimo que durante su vida útil deben ser capaces de resistir las solicitaciones máximas que se puedan producir; por tanto, los problemas de diseño (óptimo) podrían plantearse de forma sistemática en términos de problemas de minimización con restricciones, y podrían resolverse mediante técnicas de programación no lineal utilizando ordenadores digitales de alta velocidad. Desde entonces, la optimización de formas y dimensiones en ingeniería estructural se ha planteado habitualmente mediante formulaciones de mínimo peso, con restricciones no lineales impuestas con el fin de limitar los valores admisibles de los campos de desplazamientos y tensiones. Sin embargo, desde que Bendsoe y Kikuchi (ver ref. [1] y [2]) desarrollaron los conceptos básicos en 1988, los problemas de optimización topológica se han planteado tradicionalmente mediante formulaciones de máxima rigidez. Con este tipo de

planteamientos se pretende distribuir una cantidad predeterminada de material en un recinto de forma que se maximice la rigidez (se minimice la energía de deformación) de la pieza resultante para un determinado estado de carga.

De esta forma se evita tener que trabajar con numerosas restricciones altamente no lineales, habida cuenta del elevado número de variables de diseño que es consustancial a los problemas de optimización topológica (ver ref. [3] y [4]). A cambio, no es posible contemplar múltiples estados de carga, y las formulaciones de máxima rigidez conducen —en principio— a problemas intrínsecamente mal planteados, cuyas soluciones oscilan indefinidamente al refinar la discretización.

2. METODO

2.1 Método SIMP para optimización de topología: la optimización de topología es el tipo más común de optimización estructural. Se utiliza en la fase inicial del diseño para predecir la distribución óptima del material dentro de un determinado espacio inicial de una estructura, y tiene en cuenta las especificaciones funcionales y las restricciones de fabricación.

El método matemático más popular para la optimización de topología es el método de material isotrópico sólido con penalización (SIMP- Solid Isotropic Material with Penalty). *Bendsoe y Kikuchi (1988)* (ver ref. [1] y [2]) y *Rozvany y Zhou (1992)* propusieron inicialmente el método SIMP. El método SIMP predice una distribución óptima del material dentro de un espacio de diseño determinado, para casos de carga determinados, condiciones de contorno, restricciones de fabricación y requisitos de rendimiento. Según *Bendsoe (1989)*: "la optimización de la forma en su configuración más general debe consistir en una determinación para cada punto del espacio, independientemente de que haya material en ese punto o no". El enfoque tradicional para la optimización de topología es la individualización de un dominio en una rejilla de elementos finitos denominados microestructuras sólidas isotrópicas (ver ref. [5] y [6]). Cada elemento se rellena con material para regiones que requieren material, o se vacía de material para regiones donde se puede eliminar material (que representa vacíos). La distribución de densidad del material dentro de un dominio de diseño, ρ , es individual, y a cada elemento se le asigna un valor binario:

$$\rho_e = 1, \text{ donde se requiere material (negro)}$$

$$\rho_e = 0, \text{ donde se elimina material (blanco)}$$

3. IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en la solución de un problema de elasticidad lineal usando el método de los elementos finitos (MEF) es de la forma:

$$Ku = f \quad (1)$$

Donde u y f , son los desplazamientos y fuerzas externas aplicadas en los nodos, respectivamente.

El término K es la matriz de rigidez global, que está dada por la suma coherente (también denominado proceso de ensamble de la matriz global) de las matrices de rigidez de cada elemento

$$K^e = \sum_{i=1}^{N_e} K_i^e \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, N_e \quad (2)$$

Donde N_e es el número total de elementos finitos usados para discretizar el dominio. La matriz de rigidez de cada elemento se obtiene de la siguiente expresión:

$$K^e = \int_{\Omega^e} B^T D B d\Omega \quad (3)$$

Donde D es la matriz de material para el caso de esfuerzo plano [7], B es la matriz de las derivadas de las funciones de forma y Ω representa el dominio de diseño [8].

Como la idea de la OT es distribuir cierta cantidad de material en el dominio, de tal forma que la rigidez sea la máxima posible, se necesita un mecanismo para modelar la presencia o ausencia de material. En este trabajo se usó el modelo de material sólido isotrópico con penalización (SIMP). En este modelo, cada elemento finito tiene asociada una variable llamada pseudodensidad (ρ), que multiplica la matriz de rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$\hat{K}_i^e = \rho_i^p K_i^e \quad (4)$$

Donde ρ es un factor de penalización usado para reducir los valores intermedios de las pseudodensidades. Estas presentan valores entre cero y uno, donde cero representa ausencia total de material y uno representa la presencia del material de base usado en el diseño. Por cuestiones de implementación numérica, las pseudodensidades no pueden tener valores discretos de 0 y 1, sino una variación continua entre estos dos valores.

$$(0 \leq \rho \leq 1) \quad (5)$$

La energía de deformación aumenta a medida que la estructura se deforma, por tanto, el proceso de optimización consiste en hallar el conjunto de valores ρ_j que la minimizan.

Por ejemplo, la imagen muestra un diseño de material optimizado de una viga cargada (Figura 1). Los elementos sólidos con densidades $\rho_{(e)} = 1$ son de color negro, mientras que los elementos vacíos con $\rho_{(e)} = 0$ se eliminan.

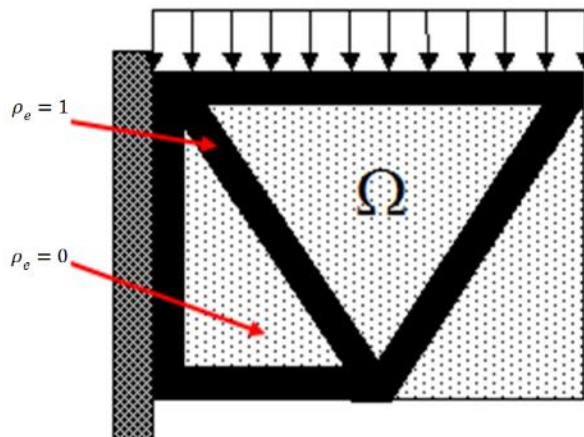


Figura 1: Diseño optimizado de viga cargada

La introducción de una función de distribución de densidad relativa continua evita la naturaleza binaria de activación/desactivación del problema. Para cada elemento, la densidad relativa asignada puede variar entre un valor mínimo ρ_{min} y 1, que permite la asignación de densidades intermedias para los mismos (caracterizados como elementos porosos):

ρ_{min} es el valor de la densidad mínima permitida para los elementos vacíos que son mayores que cero. Este valor de densidad garantiza la estabilidad numérica del análisis de elementos finitos. Dado que la densidad relativa del material puede variar continuamente, el módulo de elasticidad del material en cada elemento también puede variar continuamente. Para cada elemento “e”, la relación entre el factor de densidad relativa del material ρ_e y el módulo de elasticidad del modelo de material isotrópico asignado, E_0 se calcula mediante la ley de potencia siguiente (ver Figura 2):

$$E(\rho_e) = \rho_e^p E_0 \tag{6}$$

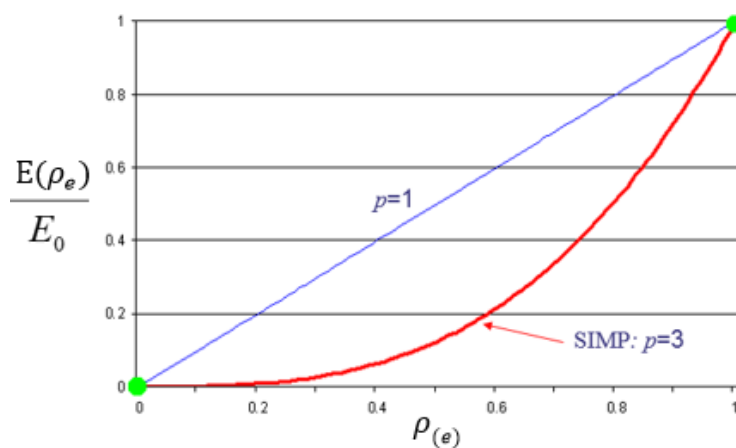


Figura 2: Factor de penalidad p y método SIMP

El factor de penalidad p disminuye la contribución de elementos con densidades intermedias (elementos grises) a la rigidez total. El factor de penalidad dirige la solución de optimización a elementos que son de color negro sólido ($\rho_e = 1$) o blanco vacío ($\rho_e = \rho_{min}$). Los experimentos numéricos indican que un valor de factor de penalidad de $p = 3$ es adecuado.

Una reducción del módulo elástico del material de un elemento conduce a una disminución de la rigidez del elemento. Según el método SIMP, la rigidez global se modula de acuerdo con:

$$K_{SIMP(\rho)} = \sum_{e=1}^N [\rho_{min} + (1 - \rho_{min})\rho_e^p] K_e \tag{7}$$

Donde K_e es la matriz de rigidez del elemento, ρ_{min} representa la densidad relativa mínima, ρ_e es la densidad relativa del elemento, p es el factor de penalidad y N es el número de elementos en el dominio de diseño. Por ejemplo, para un elemento con una densidad relativa asignada $\rho_e = 0.5$, factor de penalidad $p = 3$ y $\rho_{min} = 0.001$, la matriz de rigidez global se escala mediante un factor de $f = (0.001 + (1 - 0.001) * 0.5^3) = 0.12587$.

Un conocido objetivo de optimización es maximizar la rigidez general de una estructura, o minimizar su cumplimiento en una cantidad determinada de eliminación de masa.

El cumplimiento es una medida de la flexibilidad o suavidad general de una estructura, y es el recíproco de la rigidez. El cumplimiento global es igual a la suma del elemento elástico o las energías de deformación. Minimizar el cumplimiento global C , es equivalente a maximizar la rigidez global. El algoritmo de optimización, mediante un proceso iterativo, trata de resolver las densidades de los elementos (que son las variables de diseño de optimización) que minimizan el cumplimiento global de la estructura.

$$\min C(\{\rho\}) = \sum_{e=1}^N (\rho_e)^p [u_e]^T [K_e] [u_e] \quad (8)$$

$[u_e]$ es el vector de desplazamiento nodal del elemento e , $[K_e]$ es la rigidez del elemento e , y el vector $\{p\}$ contiene las densidades relativas de los elementos ρ_e .

Durante cada iteración de optimización, se deben cumplir la restricción de masa objetivo, el equilibrio de fuerza-rigidez global y las restricciones funcionales requeridas:

$$\sum_{e=1}^N \{v_e\}^T \rho_e \leq M_{target} \quad (9)$$

Donde v_e es el volumen del elemento y M_{target} es la masa objetivo de la optimización.

$$[K\{\rho\}]\{u\} = \{F\} \quad (10)$$

$[K\{\rho\}]$ es la matriz de rigidez global modulada por el vector de densidades relativas, $\{u\}$ es el vector de desplazamiento, y $\{F\}$ es el vector de fuerza externa.

$$\theta(\{p\}, \{u\})_1 \leq \theta_1^*, \theta(\{p\}, \{u\})_2 \leq \theta_2^*, \dots \quad (11)$$

La fórmula anterior contiene restricciones de respuesta de diseño, como límites en tensiones, desplazamientos, frecuencias propias, etc.

3.1 Análisis de sensibilidad

Durante cada iteración, el algoritmo de optimización realiza un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto que la variación de las densidades del material tiene sobre la función objetivo para maximizar la rigidez. Matemáticamente, el análisis de sensibilidad se expresa como la derivada de la función objetivo con respecto a las densidades del material:

$$\frac{dC}{d\rho_e} = -p(\rho_e)^{p-1} [u_e]^T [K_e] [u_e] \quad (12)$$

Durante un análisis de sensibilidad, los elementos ponderados con factores de baja densidad de material terminan perdiendo su importancia estructural y se eliminan durante iteraciones posteriores. Si calcula la sensibilidad de cada elemento de forma independiente y no tiene en cuenta la conectividad entre los elementos, puede provocar la discontinuidad del material y que los volúmenes se desconecten de la geometría principal. Esto se conoce como efecto de tablero de ajedrez (ver ref. [7]). Para reducir el efecto de tablero de ajedrez, un esquema de filtrado, el cual aplica un radio de influencia al elemento y sitúa la media de las sensibilidades de cada elemento dentro de dicha región de influencia. Las iteraciones de optimización continúan hasta que las variaciones de la función objetivo convergen y las iteraciones alcanzan sus criterios de convergencia.

4. CREACIÓN DE UN ESTUDIO DE TOPOLOGÍA:

Se aplica a un modelo, previamente definido que consiste en una Carcasa de Caja de velocidades. La Figura 3 muestra una Carcasa de Caja de velocidades con restricciones en las caras cilíndricas y una carga (F) en las caras de empuje. La idea del trabajo es aplicar esta técnica tratando de resolver un problema de máxima rigidez (o mínima flexibilidad) con restricción de volumen, por lo que nos planteamos el siguiente objetivo:

¿Cuál es la distribución de material que proporciona la máxima rigidez (o mínima flexibilidad) para el estado de carga impuesto y un máximo volumen de material determinado?

En la Figura 3 también se muestra la topología óptima obtenida para el estado de carga mostrado y el volumen final de la estructura igual al 80% del volumen inicial.

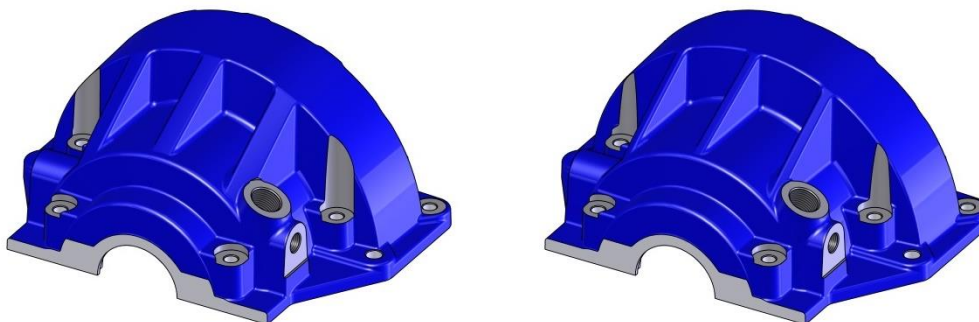


Figura 3: Topología obtenida, volumen inicial y final con el rediseño de la Carcasa
Fuente: elaboración propia.

El proceso comprende los siguientes pasos:

- i. **Creación de un Nuevo Estudio.**
- ii. **En la ventana de Percepción de diseño, elegimos Estudio de topología (Figura 4).**
En este ejemplo, configuraremos un estudio de topología con el objetivo de encontrar la mayor rigidez por unidad de peso de una Carcasa de la Caja de velocidades.
- iii. **Seleccionamos las Propiedades del Estudio:**
Para ello en Opciones (en el cuadro de diálogo Topología), seleccionamos el proceso. La creación de un estudio de topología es igual a la de un estudio estático; los materiales, cargas y limitaciones son las mismas pero agrega dos nuevas entradas: los objetivos y restricciones, y los controles de fabricación. El objetivo del estudio de topología puede ser o bien minimizar la masa o el desplazamiento de la pieza o maximizar su rigidez (mejor relación rigidez-peso). Es una buena costumbre comenzar con la mejor opción de relación rigidez-peso (maximizar rigidez). En el caso de que se tenga un desplazamiento máximo de un componente que no desea sobrepasar durante el estudio de topología, utilizar el objetivo para minimizar el desplazamiento máximo o minimizar el peso con la opción de restricción de desplazamiento. Se observará que los tres objetivos siempre minimizan la masa. El último paso en la configuración del estudio consiste en agregar los controles de fabricación. Este paso es opcional y no es necesario para que el estudio se pueda ejecutar, pero permite tener control sobre la forma resultante y tener en cuenta los métodos de fabricación posteriores. Los controles de fabricación son regiones protegidas, de modo que se podrá excluir áreas del modelo del proceso de topología y del control de espesor, y establecer el grosor mínimo de los componentes además de la simetría del modelo y la definición de la dirección de desmoldeo, que es una restricción de fundición. Para la Configuración de región conservada (bloqueada), debemos seleccionar Regiones con cargas y sujeciones (Figura 5). Esto nos sirve para que todas las regiones donde hemos definido cargas y sujeciones se conserven de forma predeterminada, es decir, no se hará optimización de estas caras conservadas.

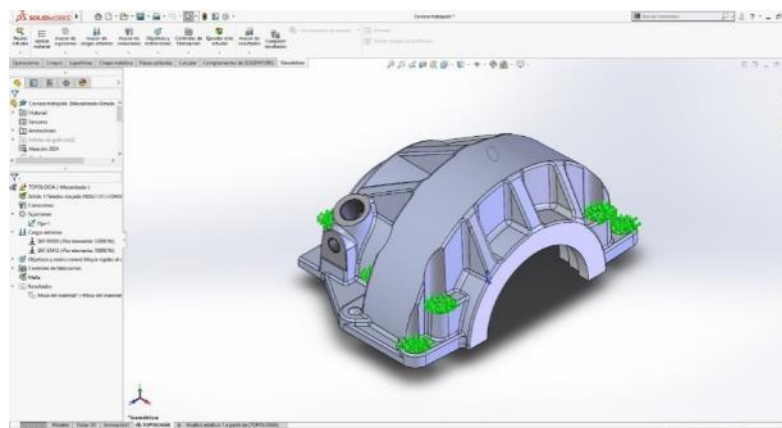


Figura 4: Estudio de Topología de la Carcasa

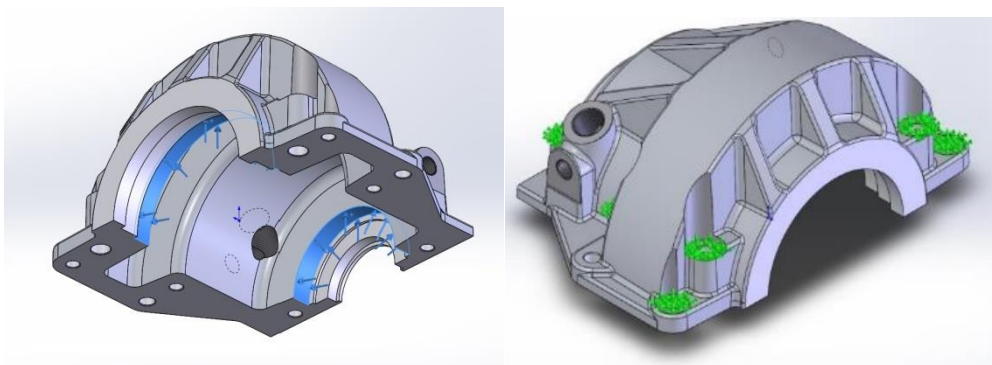


Figura 5: Cargas y sujeciones de la Carcasa

- iv. **Definimos el material (Material: Aluminio 2024), las sujeciones y las cargas externas** En el gestor de estudio de topología, en Objetivos y restricciones elegimos la opción de mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado) (Figura 6).

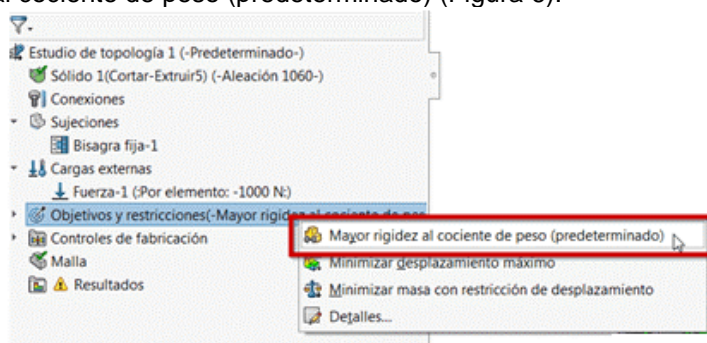


Figura 6: Objetivos y restricciones – mayor rigidez por unidad de peso

Disponemos de 3 objetivos, los cuales son:

- **Mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado)** – Cuando se selecciona Mayor rigidez al cociente de peso, el algoritmo trata de minimizar el cumplimiento global del modelo, que es una medida de la flexibilidad general (recíproco de la rigidez). El cumplimiento viene definido por la suma de energía de todos los elementos.
- **Minimizar desplazamiento máximo** – La optimización proporciona el diseño más rígido que pesa menos que el diseño inicial y minimiza el desplazamiento máximo observado.
- **Minimizar masa con restricciones de desplazamiento** – El algoritmo busca reducir la masa de un componente mientras se restringe el desplazamiento

- v. **En la ventana de Objetivos y Restricciones, vamos a reducir el porcentaje de masa (Figura 7).**

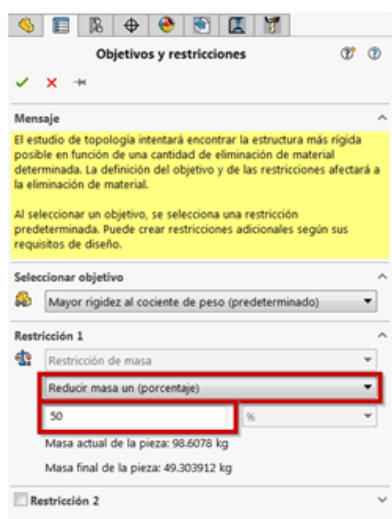


Figura 7: Reducción del porcentaje de masa

En la primera restricción, para Reducir masa un (porcentaje), definimos 50 (%) como Valor de restricción.

Nota: Las restricciones limitan las soluciones de espacio de diseño, podremos definir hasta dos restricciones para un único objetivo. Disponemos de 2 tipos de restricciones, a saber: Restricción de masa – El algoritmo de optimización intentará alcanzar la reducción de masa objetiva para la forma final mediante un proceso iterativo.

Restricción de desplazamiento – Establece el límite superior para el componente de desplazamiento seleccionado.

vi. En el gestor de estudio de topología, elegimos Controles de fabricación y agregamos región conservada (Figura 8 y 9).

En Región conservada agregamos todas aquellas caras que necesitamos conservar (la ventana ofrece la posibilidad de dar un valor de profundidad a esa región conservada).

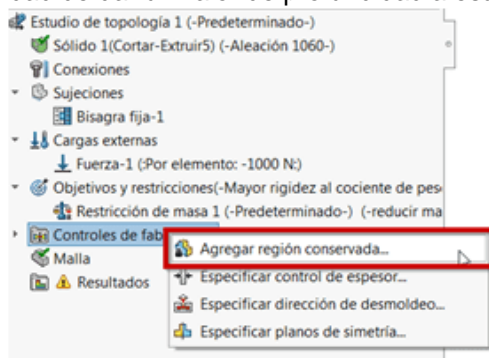


Figura 8: Cuadro de diálogo región conservada

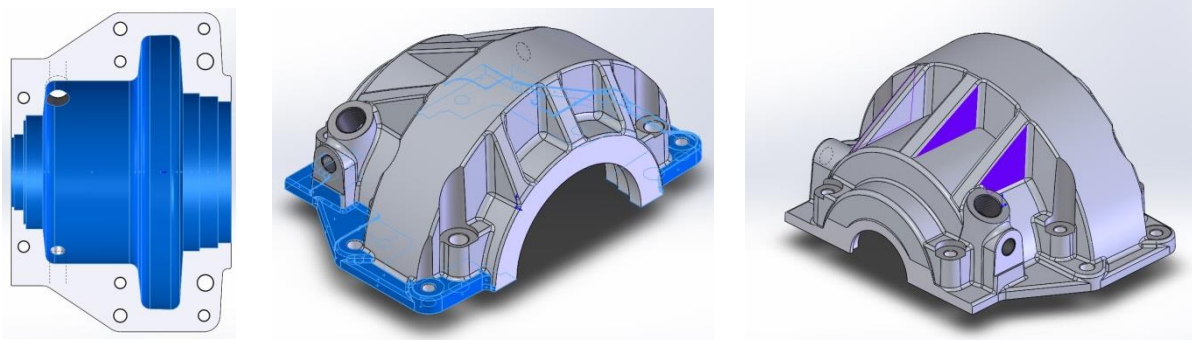


Figura 9: Selección de región conservada interior, brida y nervios estructurales

Nota: Las restricciones de fabricación garantizan que se pueda extraer la forma optimizada de un molde o que pueda estamparse con una herramienta o un troquel.

Disponemos de 4 restricciones:

- Región conservada
- Control de desmoldeo
- Control de simetría
- Control de espesor

vii. Malla el modelo (Figura 10)

viii. Ejecutamos este estudio (Figura 11).

El algoritmo de optimización, a través de varias iteraciones, intentará alcanzar la convergencia. Podemos consultar en tiempo real la convergencia tanto del Objetivo (mayor rigidez) como de la Restricción (Masa).

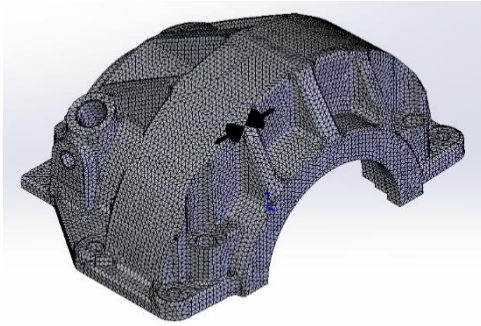


Figura 10: Malla del modelo

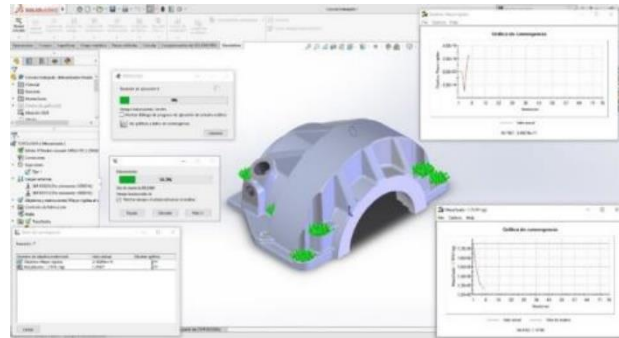


Figura 11: Convergencia en tiempo real de rigidez como de masa

ix. Visualización de los resultados (Figura 12)

En Resultados, Masa del material nos muestra iso valores de las densidades de masas relativas de los elementos. Se puede controlar con un deslizador los valores de todos los elementos con densidades de masa relativas superiores a 0,3.

Es posible desplazar el control deslizante del iso valor hacia la derecha para eliminar un poco más la masa de la forma optimizada.

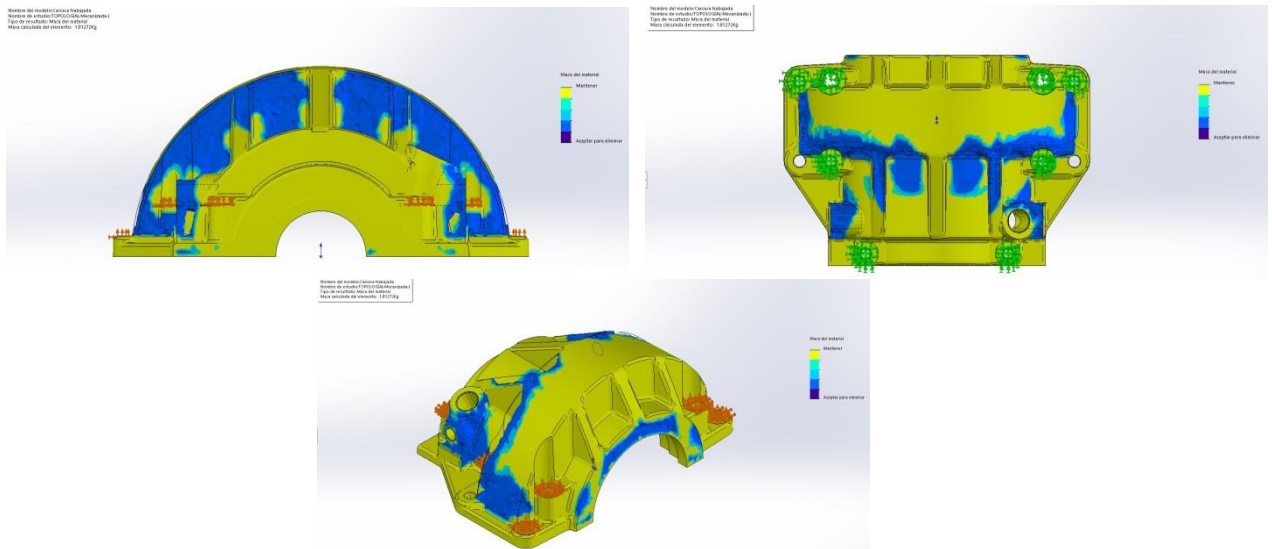


Figura 12 Visualización de isovalores de densidad de masa

x. Cálculo de la malla suavizada (Figura 13).

El programa crea superficies lisas de la forma optimizada, suaviza al máximo y asigna un color único.

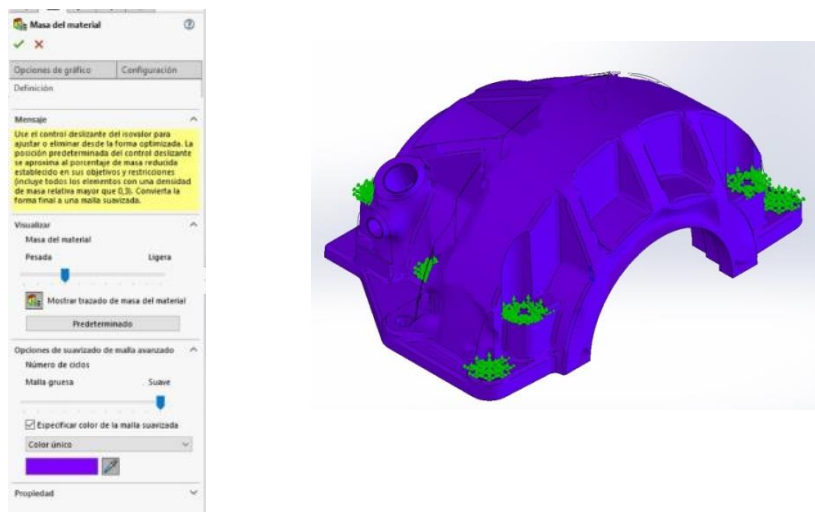


Figura 13: Cálculo de la malla suavizada

xi. Ajuste del modelo a la forma optimizada (Figura 14)

Se puede exportar los datos de malla suavizada de la forma optimizada como nueva geometría.

xii. Visualización de simulación (Figura 15)

Se mostrará el modelo y su forma optimizada de manera simultánea, esto nos permitirá aplicar operaciones de sustracción en aquellas zonas donde no se requiere material.

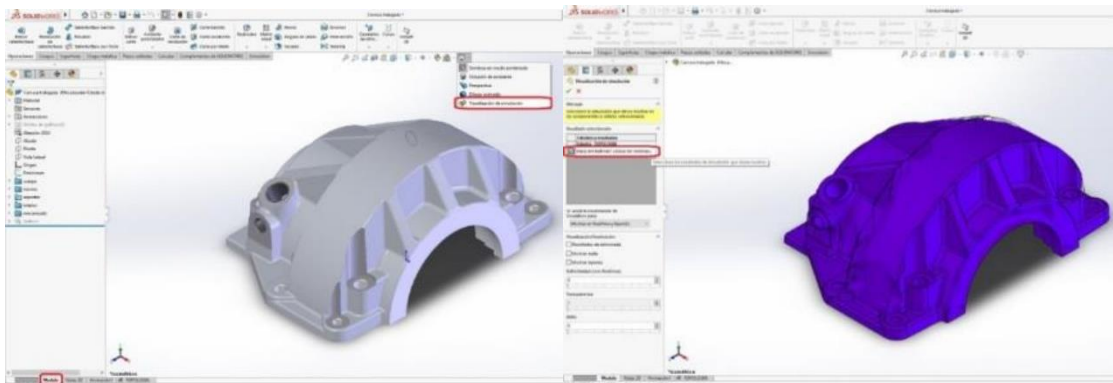


Figura 14: Ajuste del modelo a la forma optimizada Figura 15: Resultado masa de material de la Carcasa

xiii. Croquis sobre las caras del modelo y las regiones a sustraer del mismo (Figura 16).

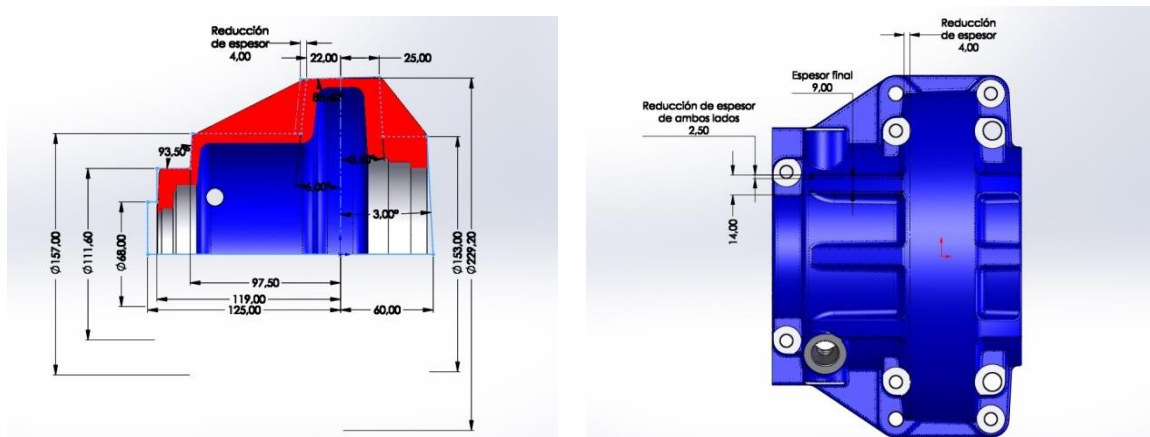


Figura 16: Croquizado de las regiones a sustraer del modelo

xiv. Ocultamos de nuevo la visualización de simulación (Figura 17)

xv. Se realiza una comprobación del modelo optimizado (Figura 18 y 19)

Comprobamos el modelo resultante, realizando un Estudio Estático para confirmar que las tensiones están dentro de los límites admisibles.

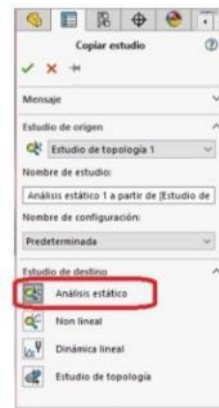
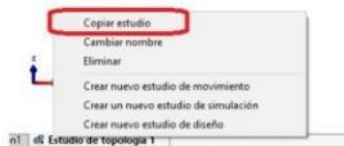
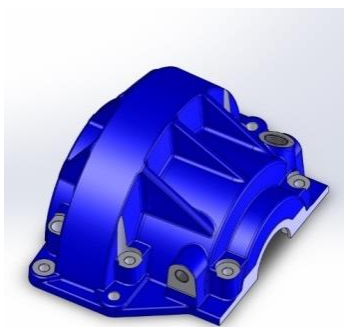


Figura 17: Resultado del rediseño de la Carcasa

Figura 18: Configuración del análisis estático

i. Creamos la malla y ejecutamos el estudio (Figura 20)

Verificamos que, efectivamente, las tensiones no superan el límite elástico del material.

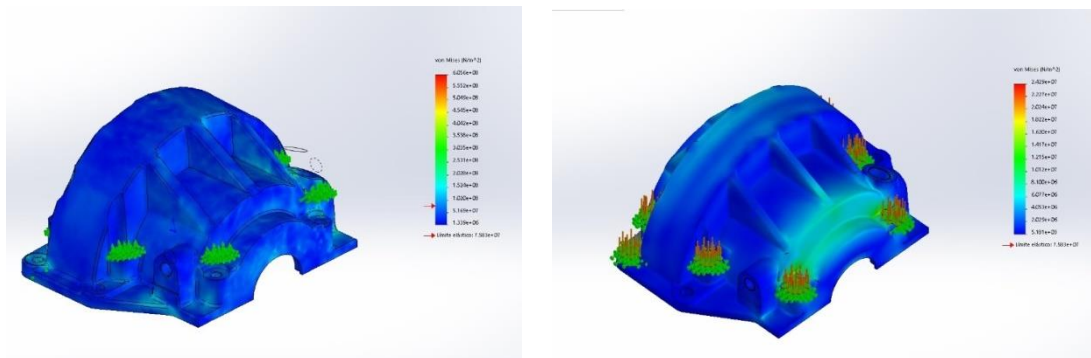


Figura 19: Cálculo de tensiones Von Mises para el rediseño de la Carcasa
 Figura 20: Verificación de tensiones del rediseño de la Carcasa

3. CONCLUSIONES

En este trabajo, el problema de máxima rigidez con restricción de volumen fue implementado usando el método de la optimización topológica. La solución utilizada para el desarrollo del cálculo desarrollado proporcionó resultados coherentes. Finalmente, una pieza mecánica fue rediseñada con el propósito de reducir su peso. La solución generó una pieza óptima con una geometría similar, más estilizada, que fue interpretada para obtener un modelo CAD de la pieza mecánica optimizada. El programa de CAD SolidWorks Simulation (software de análisis estructural que utiliza el análisis de elementos finitos para predecir el comportamiento físico real de un producto mediante la prueba virtual de modelos CAD) permitió calcular una reducción de peso de 20 %. El software Solidworks Simulation permitió calcular los factores de seguridad, mostrando que en el caso de la pieza optimizada se redujo un 20 % de su masa. Sin embargo, el valor final aún cumple las especificaciones de diseño. Los resultados obtenidos muestran que la OT es una técnica muy útil en el diseño de piezas mecánicas de peso reducido. Las topologías obtenidas llevan, después de un proceso de interpretación, a piezas mecánicas más livianas, manteniendo una resistencia mecánica comparable, según el análisis estático. Las geometrías complejas que se obtienen con la OT pueden ser fácilmente fabricadas con las técnicas modernas de manufactura aditiva.

4. REFERENCIAS

- [1] Bendsoe, M. P. & Sigmund, O. (2003). Topology Optimization: Theory, Methods and Applications. Berlín: Springer Verlag.
- [2] Kikuchi, N., Nishiwaki, S., Fonseca, L. S. O. & Silva, E. C. N. (1998). Design optimization method for compliant mechanisms microstructure. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 151, 401-417.
- [3] Nishiwaki, S., Frecker, M. I., Min, S. & Kikuchi, N. (1998). Topology optimization of compliant mechanisms using the homogenization method. Int. J. Numer. Meth. Engng. 42, 535-559
- [4] Timoshenko, S. & Goodier, J. (1970). Theory of Elasticity. New York: Mc Graw-Hill.
- [5] Logan, D. L. (2007). A First Course in the Finite Element Method. Thompson, Canada.
- [6] Carbonari, R. C. (2003). Projeto de atuado- res piezelétricos flexensionais usando o método de otimização topológica. Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [7] Lin, J., Luo, Z. & Tong, L. (2010). A new multi-objective programming scheme for topology optimization of compliant mechanisms. Struct Multidisc Optim 40, 241-255.
- [8] Tesis Doctoral "OPTIMIZACIÓN DE FORMA Y TOPOLOGÍA CON MALLA FIJA Y ALGORITMOS GENÉTICOS" Dr. Ing. Mariano Victoria Nicolás - Cartagena, abril de 2006 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

1. Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Docente tutor Magister Ing. Gerardo Franck de la Universidad Nacional del Litoral por su permanente apoyo en el área de Métodos Numéricos en el desarrollo de nuestros proyectos y publicaciones.

Desarrollo de un Modelo Integral para Microrredes Eléctricas basadas en Energías Renovables localizadas en Comunidades Rurales Remotas

Moreno, Valeria Karina*

*Universidad Politécnica de Catalunya. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
Avinguda Diagonal 647, CP 08028, Barcelona, España.
valeria.karina.moreno@estudiant.upc.edu*

RESUMEN.

La falta de acceso a la energía eléctrica es uno de los principales problemas en el desarrollo de las comunidades rurales. Las microrredes aisladas se encuentran entre las soluciones más viables para la electrificación de áreas remotas, islas y regiones a las que la extensión de la red eléctrica principal es costosa [1] [3].

El objetivo del presente proyecto es el desarrollo de un modelo integral que permita el dimensionamiento y el análisis económico de Microrredes Eléctricas de Corriente Continua de Baja Tensión (LVDC, por sus siglas en inglés), basadas en Tecnología de Energía Renovable (RENE). El principal objetivo en el desarrollo de ambos modelos es encontrar una configuración óptima para los Sistemas Solares Fotovoltaicos Domésticos (PVSHS), logrando un equilibrio entre las características técnicas y económicas de la microrred. El Modelo se basa en un caso de estudio real que implementa PVSHS en una Microrred LVDC, la cual está ubicada en una comunidad rural remota en la ciudad de Dhaka, capital de Bangladesh [2] [11].

La metodología correspondiente se basa en el desarrollo de diversos códigos en MATLAB, que incluyen un Método Técnico de dimensionamiento general para microrredes y un Método Económico, cuyo fin es el cálculo del Costo Nivelado de la Energía (LCOE) correspondiente a la tecnología. Además, se analizaron diversos escenarios, teniendo en cuenta diferentes parámetros de la microrred, tales como, diferentes configuraciones de cable, número de paneles fotovoltaicos, caída de tensión y secciones de cable.

Los principales resultados obtenidos en la Metodología de Dimensionamiento, fueron en cuanto al número de Paneles Fotovoltaicos y la sección y longitud de cable utilizado. En cuanto al Modelo Económico, el resultado principal está relacionado con el valor LCOE obtenido y los valores utilizados para su cálculo. Se desarrolla un nuevo modelo LCOE para este tipo de microrredes debido a que los costos correspondientes no se pueden obtener de los informes generales [6].

Palabras Claves: LVDC, microrredes, PVSHS, LCOE.

ABSTRACT.

The lack of electricity is one of the main problems in the development on the rural communities. Off-grid microgrids are among the most viable solutions for electrification of remote areas, islands, and regions to which extension of the main utility grid is costly [1] [3].

The purpose of the present project is the development of an integral model for the sizing and costing of Low Voltage Direct Current (LVDC) Electrical Microgrids, based on Renewable Energy (RENE) Technology. The main objective in the development of both models is to find an optimal configuration for the Photovoltaic Solar Home Systems (PVSHS), achieving a balance between the technical and the economical characteristics of the microgrid. The mentioned Model it is based on a real case of study which implements PVSHS in a LVDC Microgrid. The Microgrid is located in a Remote Rural community in the city of Dhaka, capital city of Bangladesh [2] [11].

The corresponding methodology is based in the development of a MATLAB Code, which includes a general Sizing Method for Microgrids and the general Economic Method, which achieves the calculation of the correspondent LCOE of the technology. Several scenarios will be analyzed, taking into account different parameters of the Microgrid namely different cable configurations, number of PV Panels, voltage drop and cable sections.

The main results obtained in the Sizing Methodology, were in terms of the number of PV Panels and the section and the length of cable utilized. In terms of the Economic Analysis the main result is related with the obtained LCOE value and the inputs utilized in order to calculated it. A new LCOE model is developed for this kind of microgrids due to the correspondent expenditures cannot be obtained from general reports [6].

Key Words: LVDC, microgrids, PVSHS, LCOE.

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que aproximadamente el 20% de la población mundial no tiene acceso a la energía eléctrica. Los enfoques tradicionales para electrificar zonas rurales remotas incluyen grandes infraestructuras y elevadas inversiones, sin embargo, en un nuevo enfoque, las microrredes, basadas en recursos renovables y sistemas de almacenamiento, pueden implementarse fácilmente y conducir a soluciones rentables [7].

La disminución del costo de capital de los recursos renovables y el almacenamiento de energía promueve la aplicación de tales tecnologías para proporcionar electricidad a los hogares y las pequeñas comunidades [8]. Las microrredes de corriente continua (CC) tienen el potencial de incrementar la accesibilidad de la electrificación rural en los países en desarrollo al reducir la complejidad, los costos y aumentar la eficiencia total del sistema [7]. El impacto de las microrredes fuera de la red no solo se mide por la reducción en el costo de la electricidad en áreas rurales y remotas, sino también por el grado de mejora en la calidad de vida de los residentes.

A continuación, se desarrollará un modelo integral para el dimensionamiento y cálculo económico de Microrredes Eléctricas de Corriente Continua de Baja Tensión (LVDC), basadas en Tecnologías de Energías Renovables (RENE). Una microrred es uno de los elementos principales en los sistemas eléctricos inteligentes para mejorar la fiabilidad del suministro de energía en las redes de distribución [8].

El mencionado modelo se basa en un caso de estudio real que implementa sistemas solares fotovoltaicos domésticos (PVSHS) en una microrred LVDC, la cual está ubicada en una comunidad rural remota en la ciudad de Dhaka, capital de Bangladesh [2] [3] [11].

Existe dificultad en comparar los costos de PVSHS en Bangladesh con otros puntos de referencia de PVSHS, como los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La escala, el propósito y la configuración de los sistemas difieren significativamente. Los primeros son sistemas pequeños, con capacidades típicas de 20 W a 100 W, que brindan servicios eléctricos fuera de la red. Por el contrario, en los países de la OCDE, los PVSHS a pequeña escala son casi siempre sistemas para tejados conectados a la red en el rango de 1 kW a 20 kW [2] [6].

El alcance del proyecto es el análisis de los sistemas fotovoltaicos que se incluyen dentro de la clasificación residencial. No obstante, incluso dentro de esta clasificación, los gastos del sistema correspondiente pueden alcanzar una gran variación, la cual depende mayormente del tamaño del sistema, el país donde se encuentra instalado, los impuestos especiales, las políticas, entre otros. Por este motivo, es necesario diferenciar el análisis LCOE realizando una nueva clasificación dentro del Residencial: PVSHS mayor a 1 KW y PVSHS menor a 1 KW.

2. METODOLOGÍA.

2.1. Microrredes LVDC: Introducción

La electrificación rural es un componente integral del alivio de la pobreza y el desarrollo rural de una nación. En Bangladesh, la tecnología fotovoltaica (PV) en forma de sistemas solares domésticos (SHS) se ha aplicado ampliamente con fines de electrificación rural [9].

Se sabe que Bangladesh posee un buen potencial para la energía renovable, en particular la energía solar que es abundante y puede aprovecharse de manera fructífera. Empresarios, agencias gubernamentales y Organizaciones no gubernamentales (ONG) están trabajando para instalar energía solar fotovoltaica en las zonas rurales de Bangladesh para satisfacer las necesidades energéticas básicas. La aplicación de la tecnología fotovoltaica para la electrificación rural está aumentando indirectamente los ingresos y el nivel de vida de la población rural [9].

La microrred LVDC en estudio está compuesta por seis Paneles Fotovoltaicos (PVP), una batería y seis cargas TIER 2, lo que implica un bajo consumo, no superior a 50 W y un uso de 4 horas diarias como máximo.

Los parámetros de los paneles fotovoltaicos se detallan en la Tabla 1. La ubicación de la microrred es Dhaka (Bangladesh), por lo tanto, la generación solar fotovoltaica se obtiene en base a esta ubicación considerando las condiciones locales de irradiación y temperatura utilizando el software PVWatts del Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos (US NREL) [10].

Tabla 1 Parámetros de la célula FV [2]

Parámetro	Corriente de Corto Circuito (I_{sc})	Tensión en Circuito Abierto (V_{oc})	Potencia Máxima (P_{MAX})	Eficiencia
Valor	1,45 [A]	22,2 [V]	25 [Wp]	17%

El presente proyecto se desarrolla en base a los estudios previos desarrollados en [2] y [11]. Los códigos de MATLAB desarrollados actualmente están directamente relacionados con el código desarrollado en los artículos citados, teniendo en cuenta sus principales resultados.

2.2. Microrredes LVDC: Dimensionamiento PVSHS

La siguiente metodología se basa en [4]. El objetivo principal es encontrar un dimensionamiento optimizado del PVSHS para la demanda de carga real en las viviendas estudiadas. Será importante comparar diferentes configuraciones de sistemas para encontrar algunos posibles puntos de mejora. Además, la metodología tiene como objetivo comparar diferentes niveles de voltaje de la batería y diferentes secciones del cable, con el fin de encontrar la configuración económica óptima. El siguiente gráfico resume los principales pasos seguidos en el desarrollo de la presente metodología:

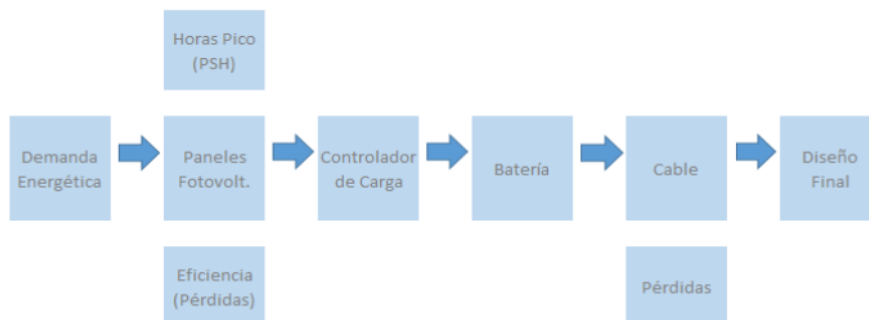


Figura 1 Metodología de dimensionamiento de microrred LVDC

El dimensionamiento del cable es uno de los pasos más importantes en el diseño de un PVSHS. Se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$Section = \frac{L \times I}{CoCu \times V \times VD} \quad (1)$$

Dónde: L: Distancia [m]; I: Corriente máxima admisible [A]; CoCu: 46,82; Conductividad del Cobre [m/Ohm.mm²]; VxVD: Caída de voltaje [V].

En un análisis previo [2], se obtuvo el siguiente gráfico.

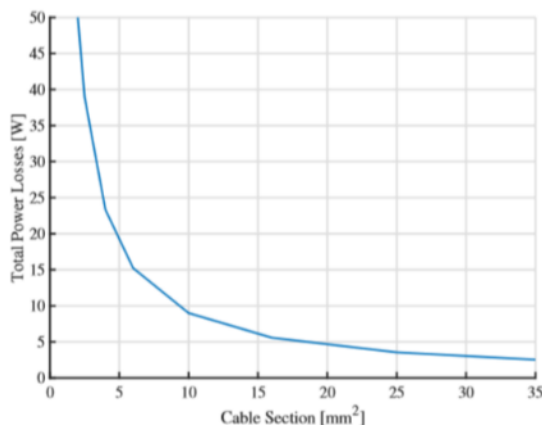


Figura 2 Pérdidas de potencia del sistema para diferentes secciones de cable [2]

Se puede observar que con una sección de cable de hasta 4 mm², las pérdidas de potencia son demasiado elevadas. Además, con una sección de cable de 15 mm², las pérdidas totales de potencia están prácticamente estabilizadas. Por este motivo, los tramos comerciales considerados estarán entre estos valores. Según la sección seleccionada, el costo total del cable se obtiene de la siguiente manera:

$$CableCost = L \times Cost \quad (2)$$

Dónde: L: Distancia [m]; Cost: Costo [€/m]

Debido al impacto principal de la longitud del cable en el diseño final del PVSHS, se tendrán en cuenta dos configuraciones diferentes, con el fin de reducir la cantidad necesaria de cable.

- Configuración de cable 1: La batería se considera centralizada.
 - Longitud del cable para 6 paneles fotovoltaicos: 260 [m]
- Configuración del cable 2: La batería se considera descentralizada.
 - Longitud del cable para 6 paneles fotovoltaicos: 180 [m]

2.3. Microrredes LVDC: PVSHS LCOE

El costo nivelado de la energía (LCOE) de una tecnología dada es la relación entre los costos de toda la vida útil del sistema y la generación de electricidad durante el mismo período, los cuales se actualizan a un año común usando una tasa de descuento que refleja el costo promedio del capital [14]. Este valor varía según la tecnología, el país y el proyecto, en función del recurso de energía renovable, los costos de capital y operativos y el rendimiento de la tecnología [15] [6].

El LCOE se puede calcular de la siguiente manera [16]:

$$LCOE = \frac{CAPEX + \sum_{n=1}^N \frac{OPEX - RV}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{Y \times (1-D)^n}{(1+r)^n}} \quad (3)$$

Dónde: LCOE: Costo nivelado de energía [€/KWh]; N: PVSHS Vida útil [años]; CAPEX: Gastos de capital [€/KWp]; OPEX: Gastos operativos [€/KWp]; RV: Valor residual [€/KWp]; r: Tasa de descuento [%]; Y: Rendimiento inicial [KWh/KWp]

El alcance del presente proyecto es el análisis de los sistemas fotovoltaicos solares domésticos (PVSHS), que se incluyen dentro de la clasificación Residencial. No obstante, dentro de esta clasificación, los costos del sistema pueden alcanzar una gran variación, que depende mayoritariamente del tamaño del sistema, el país, los impuestos y políticas especiales, entre otros. Por este motivo, es necesario diferenciar el análisis LCOE realizando una nueva clasificación dentro de la Residencial: PVSHS mayores a 1 KW y PVSHS menores a 1 KW.

El caso de los PVSHS en Bangladesh se incluye dentro de la segunda clasificación, y es similar al caso de los PVSHS en África [6]. Existe gran dificultad de comparar los costos de PVSHS en África con otros puntos de referencia ya que la escala, el propósito y la configuración difieren significativamente. Éstos son pequeños sistemas, con capacidades típicas de 20 W a 100 W, que brindan servicios eléctricos fuera de la red principal (off-grid).

La información económica de este tipo de sistemas se obtiene a través de dos diferentes fuentes, teniendo en cuenta la clasificación mencionada en el apartado anterior:

- PVSHS mayores a 1 KW: En este caso la información útil procede de los Informes realizados por organismos nacionales o internacionales, como US NREL, IRENA y KIC-InnoEnergy [5] [6] [14] [15]. Estos informes representan una base de datos precisa para sistemas de más de 1KW, y es información especialmente útil para PVSHS de entre 3 y 10 KW. El LCOE en estos casos ronda los 0,095 €/KWh (0,11 USD/KWh).
- PVSHS menores a 1 KW: En este caso, la información útil proviene de presupuestos específicos, que se basan en información proporcionada por los fabricantes y proveedores de este tipo de tecnología. La forma de cálculo de estos valores se explica en la sección CAPEX, y es información especialmente útil para PVSHS de tamaño entre 10 y 100 W, pero se puede utilizar en general, para PVSHS de al menos 1KW. La obtención del LCOE en estos casos es uno de los objetivos del presente informe.

Cada componente del sistema debe calcularse mediante la siguiente Metodología General, que se desarrolla con la utilización del software MATLAB. En las siguientes líneas, se explican los supuestos específicos de cada componente.

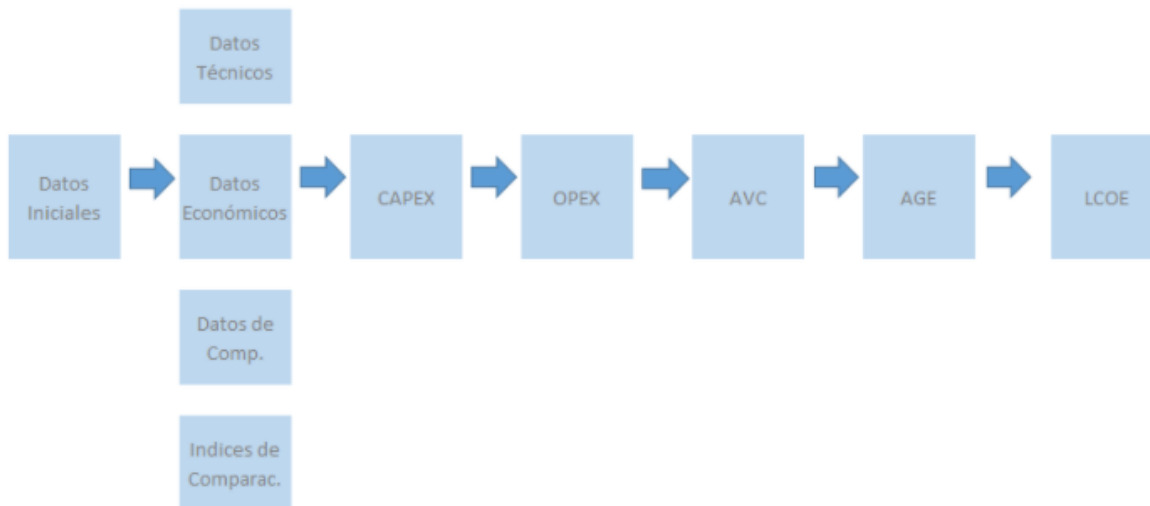


Figura 3 Metodología LCOE Microrred LVDC

2.3.1. Datos Iniciales

2.3.1.1. Datos técnicos del PVSHS

El tamaño del PVSHS y sus principales características técnicas como las pérdidas de potencia fotovoltaica y el rendimiento, son los principales datos a tener en cuenta para iniciar los cálculos, que en su mayoría se obtienen mediante [11]. La microrred LVDC inicial está compuesta por seis paneles fotovoltaicos, seis cargas de tipo TIER 2 y una batería. Esta configuración se modifica para lograr algunas comparaciones, por ejemplo, entre el impacto del número de paneles fotovoltaicos o la longitud del cable en la eficiencia final del sistema. Los principales parámetros técnicos del sistema se muestran a continuación.

- PVPP: Potencia del PVSHS entregada por todos los paneles y medida en [KW].
- PVPP_p: Potencia máxima del PVSHS entregada por todos los paneles y medida en [KWp].
- Pérdidas (Losses): Pérdidas del sistema debido a la caída de tensión en cada punto [KW].
- HG: Horas de generación diaria de energía medidas en [Hs]. Este valor se puede medir como las horas pico de sol (PSH) y depende de la ubicación.
- E: La energía generada por los paneles fotovoltaicos y medida en [KWh / año].

$$E = (PVPP - Losses) \times HG \times 365 \quad (4)$$

- Y: Rendimiento inicial del sistema medido en [KWh/KWp], tomando en cuenta la Potencia del Sistema, las Pérdidas del Sistema y las Horas de Generación Diaria de Energía, y multiplicando el valor obtenido por los 365 días para obtener un valor anual:

$$Y = \frac{(PVPP - Losses) \times HG \times 365}{PVPP_p} \quad (5)$$

2.3.1.2. Datos económicos PVSHS

Se tienen en cuenta los siguientes supuestos:

- N: El tiempo de vida PVP que se expresa en [años]. En este análisis N = 25 años.
- RV: Valor Residual del Sistema expresado en [€ / KWp]. Para el presente análisis, RV = 0.
- r: El valor de la Tasa de Descuento, en este caso el valor es del 10%.
- D: La Tasa de Degradación del Sistema que muestra cómo el sistema pierde su capacidad de generación de energía a lo largo de los años, se mide en [%] y en este caso, D = 0.5%.

2.3.1.3. Datos de los componentes de PVSHS

Algunos de los gastos de PVSHS pueden no incluirse para reducir sus costos. Por ello, el objetivo de la presente sección es determinar la inclusión o no de los siguientes ítems en el análisis.

En el caso de que los elementos estén incluidos, el valor correspondiente en el código MATLAB es 1. En el caso contrario, cuando los elementos no están incluidos, el valor correspondiente en el código MATLAB es 0. [Si = 1: Incluido o No = 0; No incluido]

- INV = 0 o 1; Este ítem informa si el Inversor está incluido o no en el análisis.

- COM = 0 o 1; Costo de operación y mantenimiento. Puede incluirse como un gasto extra, o en ocasiones lo pueden realizar los propios usuarios del sistema, en cuyo caso COM=0.

2.3.1.4. Índice de comparación PVSHS

Para obtener una metodología que se pueda aplicar en diferentes regiones del mundo, o en un año diferente al año en el que se está analizando, se pueden aplicar diferentes índices.

- RCC = 1; Coeficiente de Comparación Regional LCOE [Ad], para obtener una metodología que se pueda aplicar en diferentes regiones del mundo, en base a la información proporcionada por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) [18].

Tabla 2 Índice de comparación

América del Norte	América del Sur	África	Asia	Europa	Oriente Medio	Oceanía
1	0,92	1,58	1,33	1,42	2,25	1,42

- TCC = 1; Coeficiente de comparación temporal [Ad]. Según los informes de KIC-InnoEnergy [19], los costos fotovoltaicos disminuirán aproximadamente un 25% de 2015 a 2030 en los sistemas solares fotovoltaicos de techo, lo que significa aproximadamente un 1,7% / año. (En el presente informe los costos considerados son de Dic-2017).

2.3.2. CAPEX Introducción

Un sistema fotovoltaico (PV) se compone de varios componentes técnicos:

- Los paneles fotovoltaicos (PVP)
- Los inversores fotovoltaicos (I)
- El equilibrio de sistemas (BoS): BoS se refiere a los componentes y equipos necesarios para entregar la energía producida por paneles solares a través del resto del sistema. La mayoría de las veces, BoS se refiere a todos los componentes de un sistema fotovoltaico que no sean los paneles y los inversores. Se puede diferenciar en:
 - BoS Estructural
 - BoS Eléctrico

Estos componentes dependen del tipo de sistema fotovoltaico, su tamaño, si está instalado en un techo, integrado o montado en el suelo, con o sin seguidores, etc. Además de estos componentes físicos, es necesario tener en cuenta el Servicio de Ingeniería e Instalación. Estos son los pasos fundamentales para dimensionar e instalar el sistema fotovoltaico.

Con los datos anteriores, el valor CAPEX se puede calcular de la siguiente manera.

Se mide en [€/KWp]:

$$CAPEX = PVPC + IC + BoSC + EIC \quad (6)$$

Dónde: PVPC: Costo de los paneles fotovoltaicos [€/KWp]; IC: Costo del inversor [€/KWp]; BoSC: Costo del Balance del sistema [€/KWp]; EIC: Costo de ingeniería e instalación [€/KWp];

Como en el Valor LCOE, el CAPEX de una determinada tecnología varía según el proyecto, y uno de los principales parámetros para calcularlo es el tamaño del mismo. Teniendo en cuenta la clasificación realizada anteriormente:

- PV servicios públicos: El CAPEX ronda los 830 €/KWp (1030 USD / KWp).
- PV comercial: El CAPEX ronda los 1500 €/KWp (1850 USD / KWp).
- PV residencial: El CAPEX ronda los 2270 €/KWp (2800 USD / KWp).

Los valores CAPEX anteriores se obtuvieron del informe US NREL más reciente y se corresponden con los costos actuales de la energía solar fotovoltaica en los Estados Unidos [5]. La moneda utilizada en el informe es el dólar estadounidense y para el análisis se tiene en cuenta la siguiente conversión: 1 € = 1,161UDS (junio de 2018) [17].

2.3.2.1. CAPEX Metodología

El primer paso para calcular el valor de CAPEX es la búsqueda de información sobre costos reales. Es aconsejable repetir que el PVSHS se puede diferenciar en dos tipos: PVSHS mayor de 1KW y PVSHS menor de 1KW. Los sistemas se analizan de dos formas diferentes debido a que los costos entre ambos presentan una gran diferencia.

PVSHS mayores a 1 KW

El US NREL desarrolla diversos informes cada año con información actualizada sobre los gastos de los diferentes componentes de los sistemas fotovoltaicos [5]. Diversos costos que se tienen en cuenta en el Informe de US NREL son específicamente indicados para los Estados Unidos y no se consideran en el presente análisis.

El objetivo es mantener una configuración simple del PVSHS, sin tener en cuenta impuestos, o algún costo extra incluido en sistemas más complejos. Por este motivo, el valor de CAPEX obtenido en este apartado es inferior al valor final obtenido en el informe original. Los valores originales están expresados en dólares estadounidenses y deben convertirse a euros con el índice (ED) mencionado anteriormente ($1 \text{ €} = 1,161 \text{ USD}$). Si el gasto de un artículo no tiene un valor específico, pero el valor está entre un rango, se calcula y se considera un valor promedio.

- Costo PVP: $PVPCg = 350 \text{ [USD/KWp]}$ (g = General)
- Costo del inversor: $ICg = 150 * INV * 2 \text{ [USD/KWp]}$ Este elemento se multiplica por 2 debido a la vida útil del inversor. Será necesario cambiar un inversor durante la vida útil de todo el sistema. La expresión INV se explicó previamente.
- Costo del Balance del sistema (BoSCg):
 - Costo de estructura del BoS: $BoSSg = 110 \text{ [USD / KWp]}$
 - Costo eléctrico del BoS: $BoSEg = 265 \text{ [USD / KWp]}$
 - Costo total del BoS: $BoSCg = BoSSg + BoSEg \text{ [€ / KWp]}$
- Costos de Ingeniería e instalación: $EIC = 48 \text{ [USD / KWp]} = 48 / ED \text{ [€/KWp]}$ Este valor se considera constante entre ambas clasificaciones de PVSHS. Se asume que en el cálculo final del LCOE, el valor EIC se ve afectado por el RCC (Índice de comparación regional).

PVSHS menores a 1 KW

Los gastos para este tipo de sistemas no pueden fundamentarse en informes generales, debido a sus aplicaciones y características específicas. En este caso, la información útil proviene de presupuestos específicos, que se basan en la información proporcionada por los fabricantes y proveedores de este tipo de tecnología [20] [21] [22]. Con esta información es posible obtener un valor promedio del gasto para cada uno de los componentes principales del sistema.

Estos gastos son mucho mayores que los obtenidos en el caso anterior.

- Costo PVP: $PVPCb = 1900 \text{ [€/KWp]}$ (b = Bangladesh).
- Costo inversor: $ICb = 430 * INV * 2 \text{ [€/KWp]}$. Será necesario cambiar un inversor durante la vida útil de todo el sistema.
- Costo del Balance de Sistema (BoSCb):
 - Costo de Estructura de BoS (BoSSb)
 - Costo Estructuras Montaje: $MSCb = 110 \text{ [USD/KWp]} = 110 / ED \text{ [€/KWp]}$.
 - Costo eléctrico de BoS (BoSEb):
 - Costo batería: $BCb = 160 * 3 * HG \text{ [€ / KWp]}$. Depende del uso y el DOD.
 - Costo Controlador de Carga (PWMC): $ChCCb = 200 \text{ [€/KWp]}$.
 - Costo del cable: $cablecost = (\text{cableprice} * \text{cablelength}) \text{ [€]}$
 - Costo del cable basado en CAPEX:
 - $cableCAPEX = (\text{cableprice} * \text{cablelength}) / PVPPp \text{ [€/KWp]}$
 - Costo total de BoS: $BoSC = BoSS + BoSE \text{ [€/KWp]}$
- Costo de ingeniería e instalación: $EIC = 48 \text{ [USD / KWp]} = 48 / ED \text{ [€/KWp]}$

Los valores anteriores son los datos base utilizados para calcular el Valor CAPEX. Finalmente, es posible calcular la Inversión Inicial del sistema. El valor CAPEX se mide en $[\text{€/KWp}]$, pero si es necesario conocer la inversión inicial del sistema, es posible obtener los Costos Fijos Totales medidos en $[\text{€}]$.

$$TFC = CAPEX \times PVPP_p \quad (7)$$

Si el proyecto se proyecta fuera de Europa, los Costos Fijos se pueden calcular en la moneda local (CR). En este caso, la moneda local de Bangladesh es el Taka [TK] ($1 \text{ €} = 97,44 \text{ TK}$) (junio de 2018) [23].

$$TFC_{lc} = TFC \times CR \quad (8)$$

2.3.3. OPEX Introducción

El valor OPEX incluye los costos de Operación y Mantenimiento de la instalación. Los sistemas fotovoltaicos residenciales se caracterizan por tener costos operativos bajos, que normalmente suponen unas pocas horas al año de mantenimiento regular de los módulos.

- Costos operativos
- Costos de mantenimiento

Los valores anteriores se integran en una sola expresión: OM, que es la base del cálculo del valor OPEX. El OPEX se calcula de la siguiente manera y se mide en [€/KWp/año].

$$OPEX = OMC \times COM \quad (9)$$

Dónde: OMC: costos de operación y mantenimiento medidos en [€/KWp/año]; COM: costo de operación y mantenimiento [Si = 1 o No = 0]

2.3.3.1. OPEX Metodología

Este caso es más sencillo que el CAPEX porque el único gasto que es necesario tener en cuenta es el de Operación y Mantenimiento [5]. Este valor depende de la región y el tamaño del sistema, entre otros. Se considera constante entre ambas clasificaciones de PVSHS, y se asume que en el cálculo final del LCOE este valor es afectado por el Índice de Comparación Regional (RCC).

- Costos Operativos y de Mantenimiento: $OMC = 21$ [USD/KWp/año] = $21/ED$ [€/KWp/año]

Como en el caso del CAPEX, es posible obtener un nuevo valor para conocer el Operativo y Mantenimiento Anual Coste del sistema en [€].

$$OMAC = OPEX \times PVPP_p \quad (10)$$

Los Costos Fijos se pueden calcular en la moneda local (CR).

$$OMAC_{lc} = OMAC \times CR \quad (11)$$

Costos Variables Anuales

Los Costos Variables Anuales están compuestos por el Valor OPEX y el Valor Residual del Sistema. Se mide en [€/KWp/año]. Es importante repetir que en el presente caso el RV se considera cero.

$$AVC = \sum_{n=1}^N \frac{OPEX - RV}{(1+r)^n} \quad (12)$$

Dónde: OPEX: Gastos operativos [€/KWp/año]; RV: Valor residual [€/KWp/año]; r: Tasa de descuento [%]; n: Vida útil del sistema fotovoltaico [años]

Otro valor importante son los Costes Variables Anuales medidos en [€/año]. Este valor se obtiene mediante (12) pero considerando el valor OMAC en lugar del valor OPEX. Además, en caso de que se considere RV, es necesario obtener este valor en [€] en lugar de [€/KWp].

$$AVC = \sum_{n=1}^N \frac{OMAC - RV}{(1+r)^n} \quad (13)$$

Dónde: OMAC: Costos anuales de operación y mantenimiento [€/año]; RV: Valor residual [€/año]; r: Tasa de descuento [%]; n: Vida útil del sistema fotovoltaico [años]

Energía anual generada

La energía anual se mide en [KWh/KWp/año]. Este valor se calcula teniendo en cuenta el rendimiento inicial del sistema, la tasa de degradación del sistema y la tasa de descuento, y considerando la vida útil de PVSHS.

$$AGE = \sum_{n=1}^N \frac{Y \times (1-D)^n}{(1+r)^n} \quad (14)$$

Dónde: Y: Rendimiento inicial [KWh/KWp/año]; D: Tasa de degradación del sistema [%]; n: Vida útil del sistema fotovoltaico [años]; r: Tasa de descuento [%]

Otro valor importante es la Energía Generada Anual medida en [KWh/año].

$$AGE = \sum_{n=1}^N \frac{E \times (1-D)^n}{(1+r)^n} \tag{15}$$

Dónde: E: Energía generada anualmente [KWh/año]; D: Tasa de degradación del sistema [%]; n: Vida útil del sistema fotovoltaico [años]; r: Tasa de descuento [%]

2.3.4. Resumen de la metodología

Las siguientes tablas se desarrollan para resumir los conceptos previos.

Tabla 3 CAPEX y TFC Resumen

CAPEX [€/KWp]	TFC [€]
$CAPEX = PVPC + IC + BoSC + EIC$	$TFC = CAPEX \times PVPP_p$

Tabla 4 OPEX, OMAC y AVC Resumen

OPEX [€/KWp]	OMAC [€]	AVC [€]
$OPEX = OMC \times COM$	$OMAC = OPEX \times PVPP_p$	$AVC = \sum_{n=1}^N \frac{OMAC - RV}{(1+r)^n}$

Tabla 5 Energía Anual Generada (AGE) Resumen

Y [KWh/KWp]	E [KWh]	AGE [KWh]
$Y = \frac{(PVPP - Losses) \times HG \times 365}{PVPP_p}$	$E = (PVPP - Losses) \times HG \times 365$	$AGE = \sum_{n=1}^N \frac{E \times (1-D)^n}{(1+r)^n}$

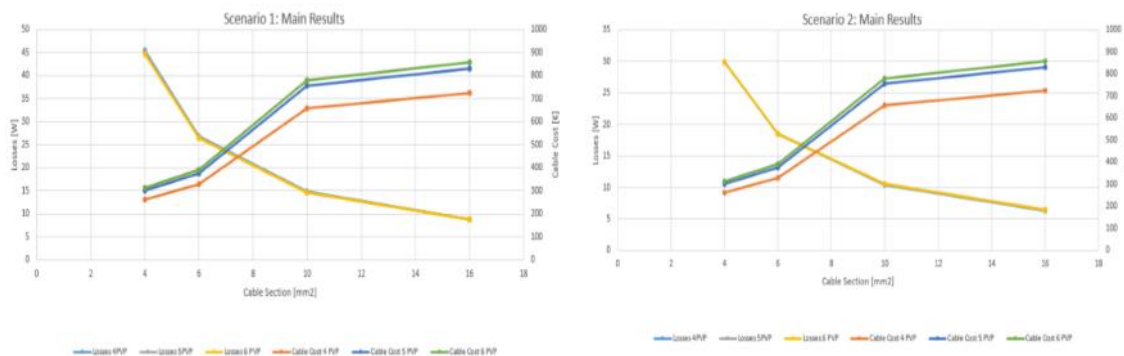
3. RESULTADOS

3.1. Resultados por escenario

Se analizaron cuatro diferentes escenarios.

- Escenario 1: Configuración de cable 1; Vbat = 12 [V]; Número de paneles fotovoltaicos: 4, 5 y 6; Sección de cable: 4, 6, 10, 16 [mm²]
- Escenario 2: Configuración de cable 1; Vbat = 14 [V]; Número de paneles fotovoltaicos: 4, 5 y 6; Sección de cable: 4, 6, 10, 16 [mm²]
- Escenario 3: Configuración de cable 2; Vbat = 12 [V]; Número de paneles fotovoltaicos: 4, 5 y 6; Sección de cable: 4, 6, 10, 16 [mm²]
- Escenario 4: Configuración de cable 2; Vbat = 14 [V]; Número de paneles fotovoltaicos: 4, 5 y 6; Sección de cable: 4, 6, 10, 16 [mm²]

3.2. Relación entre dimensionamiento y pérdidas



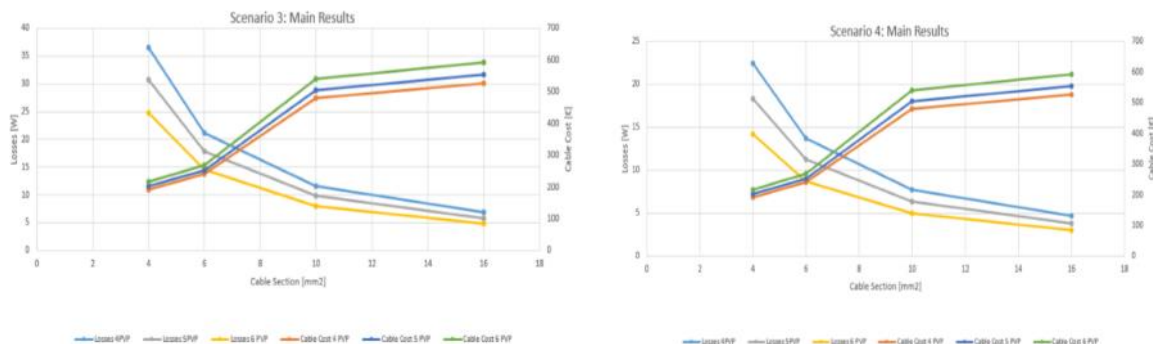


Figura 4 Escenario 1: Resultados principales
 Figura 5 Escenario 2: Resultados principales
 Figura 6 Escenario 3: Resultados principales
 Figura 7 Escenario 4: Resultados principales

3.2.1. Escenario 1: RESULTADOS

- La eficiencia del sistema es menor que la eficiencia de los sistemas tradicionales, por lo que la instalación de 4 PVP o incluso 5, no es suficiente para cubrir la demanda.
- La sección óptima del cable se puede considerar entre 6 y 10. Este resultado será corroborado a través del Análisis LCOE.
- El incremento en la sección del cable permite una mejora en la eficiencia, logrando un 80% en la reducción de las pérdidas. Sin embargo, el gasto del cable aumenta aproximadamente un 175%.
- El costo anual de las pérdidas no se considera en este análisis por ser su valor mínimo.

3.2.2. Escenario 2: RESULTADOS

- Nuevamente la instalación de 4 PVP no es suficiente para cubrir la demanda, sin embargo, la nueva tensión permite la instalación de 5 PVP para cubrirla.
- Al igual que en el escenario anterior el tramo óptimo se encuentra entre 6 y 10.
- El incremento en el tramo de cable permite una mejora del 79% en la reducción de las pérdidas. Sin embargo, el gasto del cable aumenta aproximadamente un 175%.
- La principal mejora a través del incremento de voltaje es una reducción de las pérdidas entre los Escenarios 1 y 2. Esta reducción está entre el 27% y el 34%.

3.2.3. Escenario 3: RESULTADOS

- Como es el escenario anterior el tramo óptimo se sitúa entre 6 y 10.
- El incremento en el tramo del cable permite una mejora del 81% en la reducción de las pérdidas. Sin embargo, el gasto del cable aumenta aproximadamente un 175%.
- La reducción de las pérdidas entre los escenarios 1 y 3 se diferencia por el número de PVP. Considerando 4 PVP, esta reducción está entre el 19% y el 22%. Sin embargo, teniendo en cuenta 6 PVP esta reducción se incrementa entre un 44% y un 46%.
- La reducción de la longitud del cable permite reducir el gasto total en alrededor de un 27%.

3.2.4. Escenario 4: RESULTADOS

- Como todos los escenarios anteriores, el tramo óptimo se sitúa entre 6 y 10.
- El incremento en el tramo de cable permite una mejora del 79% en la reducción de las pérdidas. Sin embargo, el gasto del cable aumenta aproximadamente un 175%.
- La reducción de las pérdidas entre los escenarios 1 y 4 se diferencia por el número de PVP. Considerando 4 PVP, esta reducción está entre el 47% y el 50%. Sin embargo, teniendo en cuenta 6 PVP esta reducción se incrementa entre un 66% y un 68%.
- Como en el escenario anterior, la reducción de la longitud del cable permite reducir el gasto total de cable en alrededor de un 27%.

3.2.5. Resumen Escenarios

A través de la comparación de los cuatro escenarios y toda la configuración de cables y número de PVP posibles, se puede notar que los mejores resultados se obtienen con las siguientes características:

- Configuración de cable 2: 180 m;
- Número de paneles fotovoltaicos (PVP): 6;
- Voltaje: 14 [V];
- Sección de cable: 6 [mm²].

3.3. Resultados de LCOE por escenario

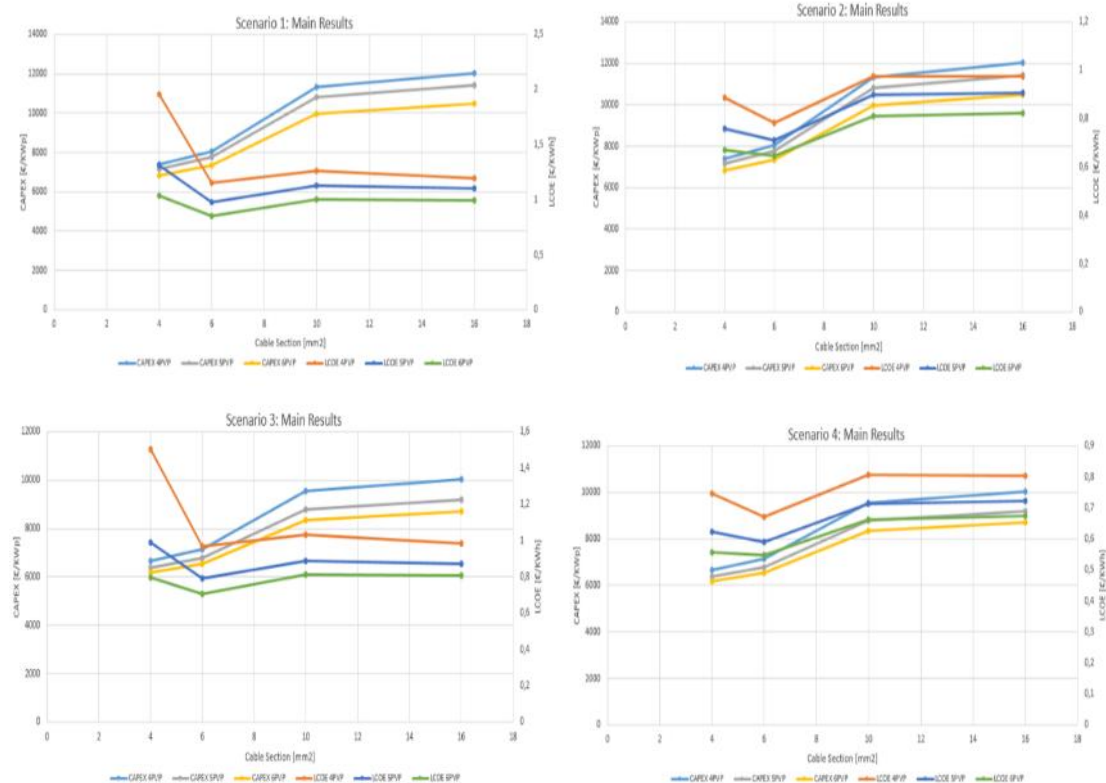


Figura 8 Escenario 1: Resultados principales de LCOE

Figura 9 Escenario 2: Resultados principales del LCOE

Figura 10 Escenario 3: Resultados principales del LCOE

Figura 11 Escenario 4: Resultados principales de LCOE

3.3.1. Escenario 1: RESULTADOS LCOE

- La sección y la longitud del cable son dos valores cruciales para determinar la configuración óptima del PVSHS.
- Aunque la sección que menos pérdidas genera es de 16 mm², el elevado coste final del sistema no compensa esta reducción de pérdidas.
- En el modelo técnico se consideró la sección óptima entre 6 y 10. En este modelo se puede afirmar que la sección óptima para todos los casos es de 6 mm². Se observa que, con este resultado, se obtiene el LCOE más bajo para todos los casos considerados.
- El valor CAPEX aumenta con la sección del cable. Sin embargo, debido a la cantidad de pérdidas y la energía fotogenerada final, este valor disminuye con el número de PVP. Por ello, a pesar de que se incrementará la inversión inicial, el gasto por kWp será más conveniente.

3.3.2. Escenario 2: RESULTADOS DEL LCOE

- Todas las conclusiones anteriores son aplicables en el presente escenario.
- Adicionalmente, es importante notar que el LCOE entre el escenario 1 y 2 se reduce en alrededor del 24%.
- El valor de CAPEX es el mismo entre ambos escenarios.

3.3.3. Escenario 3: RESULTADOS DEL LCOE

- Todas las conclusiones anteriores son aplicables en el presente escenario.
- Adicionalmente, es importante notar que el LCOE entre los escenarios 1 y 3 se reduce en alrededor del 17%.
- El valor de CAPEX es aproximadamente un 11% menor que en los escenarios 1 y 2.

3.3.4. Escenario 4: RESULTADOS DE LCOE

- Todas las conclusiones anteriores son aplicables en el presente escenario.
- Adicionalmente, es importante notar que el LCOE entre el escenario 1 y 4 se reduce en alrededor del 36%.
- El valor de CAPEX es alrededor de un 11% más bajo que en los escenarios anteriores.

3.3.5. Resumen Escenarios

Mediante la comparación de los cuatro escenarios y toda la configuración de cable y número de PVP posibles se puede corroborar que los mejores resultados se obtienen con las siguientes características:

- Configuración de cable 2: 180 m;
- Número de paneles fotovoltaicos (PVP): 6;
- Voltaje: 14 V;
- Sección de cable: 6 mm².

4. CONCLUSIONES.

El propósito del presente proyecto fue el desarrollo de un modelo integral para el dimensionamiento y cálculo económico de Microrredes Eléctricas de Corriente Continua de Baja Tensión (LVDC), basadas en Tecnologías de Energías Renovables (RENE). El principal objetivo en el desarrollo de los modelos fue encontrar una configuración óptima para el PVSHS, logrando un equilibrio entre las características técnicas y económicas de la microrred.

Los principales resultados obtenidos en la Metodología de Dimensionamiento se relacionaron con el número de Paneles Fotovoltaicos (PVP) y la sección y longitud de Cable utilizado. Debido a la baja energía necesaria para cubrir la demanda, es posible utilizar un número menor de paneles fotovoltaicos que el considerado en estudios anteriores, es decir, se pueden utilizar 4 ó 5 en lugar de 6. Sin embargo, la posibilidad de instalar solo 4 paneles fotovoltaicos es sólo posible con paneles fotovoltaicos más eficientes.

Además, la sección y la longitud del cable son dos valores cruciales en la determinación de la configuración óptima del PVSHS. Por esta razón, se analizaron dos configuraciones de cable diferentes y cuatro secciones de cable distintas. Aunque una mayor sección genera menos pérdidas, el alto costo final del sistema no compensa esta reducción de pérdidas. En el modelo técnico, la sección óptima se consideró entre 6 y 10 mm²; en el modelo económico se pudo afirmar que la sección óptima para todos los casos es de 6 mm².

En cuanto al análisis económico, el mismo se dividió entre PVSHS mayores a 1KW y menores a 1KW. El principal resultado obtenido está relacionado con el valor LCOE y los datos iniciales utilizados para su cálculo. Se desarrolló un nuevo modelo LCOE para microrredes menores a 1KW, debido a que los gastos correspondientes no se pueden obtener de los informes generales.

Por otro lado, el valor de CAPEX aumenta con la sección del cable. Sin embargo, debido a la magnitud de las pérdidas y la energía fotogenerada final, este valor disminuye con el número de paneles fotovoltaicos. Por ello, a pesar de que se incrementa la inversión inicial, el gasto final por KWp es más conveniente.

Es aconsejable repetir que no tiene sentido comparar los costos de los dos tipos de PVSHS diferenciados, ya que los resultados serían engañosos. La escala, el propósito y la configuración de los sistemas difieren significativamente. En este punto, es importante concluir que los elevados costos del LCOE en Bangladesh implican por un lado los altos valores de CAPEX de este tipo de sistemas y, por otro lado, la baja energía generada.

Finalmente, es fundamental señalar que el impacto de este tipo de microrredes no sólo se mide a través de los resultados técnicos y económicos obtenidos, sino también por el grado de mejora en la calidad de vida de los residentes en comunidades rurales remotas, dónde el acceso a la red de energía eléctrica principal no siempre es posible. La electrificación rural es un componente integral del alivio de la pobreza y el desarrollo rural de una nación y, en Bangladesh, la tecnología fotovoltaica en forma de sistemas solares domésticos (PVSHS) se está aplicando ampliamente para satisfacer las necesidades energéticas básicas.

5. REFERENCIAS.

- [1] ME Khodayar, "Rural electrification and expansion planning of off-grid microgrids". *Electricity Journal*, 2017.
- [2] R. Padros-Valls, E. Iraola-de Acevedo, E. Prieto-Araujo, and O. Gomis-Bellmunt, "Design of a Low Voltage DC microgrid based on renewable energy to be applied in communities where grid connection is not available". *Electricity Journal*, 2018.
- [3] World Bank. "Beyond Connections: Energy Access Redefined Introducing Multi-Tier Approach to Measuring Energy Access", 2015 [Página web] Disponible en:

- https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Topics/Energy%20and%20Extract/Beyond_Connections_Energy_Access_Redefined_Exec_ESMAP_2015.pdf (Consulta: 2018)
- [4] A. Smets, K. Jäger, O. Isabella, R. Van Swaaij, and M. Zeman. "PV System Design. Solar Energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems". *Electricity Journal*, pp. 317–350, 2016.
- [5] R. Fu, D. Feldman, R. Margolis, M. Woodhouse, and K. Ardani. "US Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017". 2017.
- [6] IRENA. "Solar PV in Africa: Costs and Markets". *Journal No. September*, 2016.
- [7] D. Gandini and AT De Almeida, "Direct current microgrids based on solar power systems and storage optimization, as a tool for cost-effective rural electrification," *Renewable Energy*, vol. 111, pp. 275–283, 2017.
- [8] ME Khodayar, "Rural electrification and expansion planning of off-grid microgrids," *The Electricity Journal*, vol. 30, pp. 68–74, 5 2017.
- [9] I. Sharif and M. Mithila, "Rural Electrification using PV: The Success Story of Bangladesh". *Energy Procedia*, vol. 33, no. 33, pp. 343–354, 2013.
- [10] US NREL. "PVWatts Calculator." [Página Web] Disponible en: <https://pvwatts.nrel.gov/>
- [11] E. Iraola and R. Padrós, "Optimization LVDC network" *Electricity Journal*, pp. 1–25, 2018.
- [12] "Cableado y Conectores Solares - Kit Solar Paneles Solares Baterías." [Página web] Disponible en: <https://www.wccsolar.es/cables-y-conectores/> (Consulta: 2018)
- [13] Govt. of Bangladesh. "The Bangladesh Energy Regulatory Commission". BERC, 2014.
- [14] I. Renewable Energy Agency, "Renewable Power Generation Costs in 2017," *International Renewable Energy Agency*, 2018.
- [15] I. Renewable Energy Agency, IRENA. "Cost and Competitive Indicators: Rooftop solar PV". *Journal No. December*, 2017. 39
- [16] Solar Bankability Project. "Best Practice Guidelines for PV Cost Calculation- Accounting for Technical Risks and Assumptions in PV LCOE". 2016.
- [17] "Banco de España". [Página web] Disponible en: <https://www.bde.es/bde/es/> (Consulta: 2018)
- [18] IRENA. "Data and Statistics - IRENA Resource". [Página web] Disponible en: <https://www.irena.org/Statistics> (Consulta: 2018)
- [19] P. Chaintore, I. Gordon, W. Hoffmann, E. Perezagua, S. Philipps, E. Roman, E. Sandre, W. Sinke, E. Simonot, and A. Martinez, "Future renewable energy costs: solar photovoltaics". *Electricity Journal*, p. 80, 2015.
- [20] "Blue Solaria". [Página web] Disponible en: <https://www.bluesolaria.com/> (Consulta: 2018)
- [21] "Damia Solar". [Página web] Disponible en: <https://www.damiasolar.com/> (Consulta: 2018)
- [22] "PRYSMIAN GROUP". [Página web] Disponible en: <https://www.prysmiangroup.com/en>
- [23] "XE: Tipo de cambio (EUR/BDT)." [Página web] Disponible en: <https://www.xe.com/es/currencyconverter/convert/> (Consulta: 2018)

Uso de las Tecnologías de la industria 4.0 como ventaja competitiva en las organizaciones

León, Omar; Madinabeitia, Damian⁽¹⁾

*Grupo GIIS, facultad de ingeniería, Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria
A v. (Calle) 32 No. 17 – 30-Bogotá. omarleon@unipanamericana.edu.co*

*(1) Grupo de Investigación de Organización y Gestión Industrial, Mondragon Unibertsitatea
Loramendi Kalea, 4, 20500 Arrasate, España. dmadinabeitia@mondragon.edu*

RESUMEN

Debido al gran avance tecnológico impulsado por la industria 4.0, la información se ha convertido en un elemento valioso para fortalecer los procesos de innovación y desarrollo de productos en las organizaciones. En este sentido, estas tecnologías pueden impulsar y fortalecer ventajas competitivas que llevan a impactar la productividad de las organizaciones y brindarles diferentes alternativas para alcanzar sus objetivos. Este estudio analiza el uso de las tecnologías de la industria 4.0 con las dimensiones de ventaja competitiva que permiten enfrentar el ritmo de la llamada cuarta revolución industrial. Mediante un instrumento de investigación aplicado a gerentes de empresas en la ciudad de Bogotá - Colombia, se han realizado diferentes modelos de regresión que han permitido demostrar que un mayor uso de estas tecnologías genera un impacto positivo con las dimensiones de ventaja competitiva relacionados con su precio, calidad, confiabilidad de entrega, innovación de producto y tiempo de comercialización.

Palabras Claves: Industria 4.0, Tecnologías, ventaja competitiva, organizaciones, rendimiento empresarial

ABSTRACT

Due to the great technological advancement driven by Industry 4.0, information has become a valuable element to strengthen innovation and product development processes in organizations. In this sense, these technologies can promote and strengthen competitive advantages that lead to an impact on the productivity of organizations and provide them with different alternatives to achieve their objectives. This study analyses the use of Industry 4.0 technologies with the dimensions of competitive advantage that allow us to face the rhythm of the so-called fourth industrial revolution. By means of a research instrument applied to company managers in the city of Bogotá - Colombia, different regression models have been carried out that have shown that a greater use of these technologies generates a positive impact with the dimensions of competitive advantage related to their price, quality, delivery reliability, product innovation and time to market.

Keywords: Industry 4.0, Technologies, competitive advantage, organizations, business performance

1. INTRODUCCIÓN

La industria 4.0 es un término que se definió en Alemania a principios de 2010, haciendo referencia a la transformación digital de la industria, dándose a conocer como “fábrica inteligente” o “internet industrial” y da nombre también a la cuarta revolución industrial [1]. Esta nueva revolución industrial, se basa en el desarrollo de cadenas de procesos inteligentes a través de la comunicación entre sí de medios de producción, máquinas, componentes, humanos etc. [2]. De esta manera se constituye la industria 4.0 como una alternativa fácil de adaptarse a los cambios de acuerdo con la demanda del mercado, basada en la interconexión de todos los elementos, generando una gran satisfacción a clientes y mejorando el rendimiento en las empresas.

Así mismo, es evidente que las empresas se centran hoy en crear valor para el cliente, el cual es cada vez más consciente y exigente en relación con los servicios de tiempo de entrega, la disponibilidad del producto y su fiabilidad [3], y que pueden encontrar en el desarrollo de estas nuevas tecnologías un gran aliado para alcanzar sus objetivos estratégicos mediante la identificación de ventajas competitivas. Los avances en este sentido están dirigidos hacia la optimización de costes y la reducción de plazos, llegando a nuevos mercados y facilitando el análisis del consumidor. También ofrecen nuevas alternativas para hacer negocios y le dan la capacidad a las empresas de adaptarse a los nuevos cambios en el mercado [4]. En este sentido, y bajo el concepto de la industria 4.0, se han venido implementando nuevas tecnologías como un componente primordial para la optimización de los procesos en las empresas y en generar o fortalecer su ventaja competitiva. Este desarrollo también propone nuevos modelos de gestión de negocio apoyado en estas tecnologías (Internet de las cosas, Big Data, robótica, etc.), atendiendo las necesidades de la cadena de valor e involucrando a todos los actores en el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta el servicio al cliente. Gracias a estas tecnologías se crean oportunidades para satisfacer las necesidades de los clientes, favorecer los procesos logísticos y la gestión de las cadenas de suministro [3].

Sin embargo, cada una de estas nuevas alternativas que brinda la industria 4.0 no están al alcance de todos, algunos por lo costoso que puede ser adoptarlas, vacíos en la experticia del personal, poca cultura organizacional, falta de entrenamiento interno en el dominio digital y otros [5]. Además, y de acuerdo con Shamim, Cang, Yu and Li [6], hacen falta estudios cuantitativos que permitan demostrar el impacto de estas tecnologías en los diferentes procesos de la empresa, y que faciliten a los directivos la toma de decisiones para invertir y adoptar estas tecnologías en cada uno de sus procesos. Para contribuir en este aspecto, el objetivo de este estudio es demostrar empíricamente la relación entre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 y la creación de ventaja competitiva en las organizaciones. Mediante este análisis se pretende demostrar y aportar a la comunidad académica y empresarial que las empresas que utilizan en mayor grado estas tecnologías identificarán de manera más fácil ventajas competitivas para enfrentarse a mercados cada vez más exigentes de acuerdo con sus propios potenciales.

2. MARCO CONCEPTUAL

Los estudios relacionados con la adopción de la industria 4.0 indican que los países más desarrollados llevan recorriendo un camino largo para que las organizaciones hoy estén más preparadas para implementar estas tecnologías [7]. Sin embargo esta situación no es la misma para todo tipo de empresa, encontrando diferencias entre las grandes empresas y las pymes, siendo las primeras las que están más preparadas [8]. Otros estudios muestran que las organizaciones difieren mucho en términos de qué tipos y que cantidad de tecnologías adoptan y qué tan avanzado es su nivel de implementación [9]. A esto se suma que varias organizaciones carecen de la comprensión del concepto de la industria 4.0, lo cual lleva a problemas de actitud hacia su adopción, de toma de decisiones y que algunos directivos estén menos inclinados a adoptar estas tecnologías y estrategias en su organización [10].

Por otro lado, otros estudios han confirmado el impacto positivo de las tecnologías sobre el rendimiento de las empresas, no solo en términos de productividad, sino a nivel de procesos, calidad de servicios, cuota de mercado, flexibilidad, gestión de la cadena de valor, satisfacción del cliente, mejora de los procesos de innovación, etc. [11, 12]. En este sentido, las tecnologías de la industria 4.0 a nivel general presentan un discurso fuertemente optimista y con grandes expectativas respecto a la mejora del rendimiento como resultado de su implementación, demostrando que no solo se puede utilizar para realizar optimizaciones internas, sino que también tiene un alto potencial para ofrecer sus propios servicios al mercado [13]. Esto puede confirmar que su potencial desarrollo tecnológico se verá reflejado positivamente a nivel del desempeño industrial y del desempeño sostenible en las pymes [14, 15].

Así mismo, las tecnologías relacionadas con la industria 4.0 (técnicas de big data, aprendizaje automático, la minería de datos, el crowdsourcing y el análisis de frecuencia de tiempo, etc.) se han desarrollado con el fin de obtener información útil que ayude a las organizaciones a entender el comportamiento actual y pasado del mercado y para predecir sus necesidades y dirección futuras mediante la producción de modelos comerciales innovadores, proyectos, productos o servicios. Aprovechar los grandes volúmenes de datos produce enormes beneficios ya que se pueden utilizar para reducir los costos de producción y el capital de trabajo y para aumentar aún más la productividad, mejorar la calidad y generar más ingresos comerciales para ambos sectores [16].

Implementación de la industria 4.0 como ventaja competitiva

La ventaja competitiva es la capacidad de las empresas para formular estrategias que permitan lograr oportunidades de ganancias a través de la maximización de los ingresos de las inversiones realizadas. De acuerdo con Malik [17], hay al menos dos principios básicos que las empresas deben tener para lograr una ventaja competitiva; el valor de las opiniones de los clientes y la singularidad de sus productos. La perspectiva de valor está dada por la opinión del cliente de que obtiene un cierto valor de las transacciones económicas con la empresa, en este caso, la empresa debe centrarse en las necesidades y expectativas del cliente, mientras que la singularidad del producto está caracterizada por los bienes y servicios desarrollados por la empresa que no pueden ser fácilmente imitados por los competidores [17].

El futuro de las PYMES depende de que reconozcan sus fortalezas que en gran medida le dan la capacidad para responder a las expectativas de sus clientes, manteniendo una ventaja competitiva en su mercado [18]. En este sentido, y de acuerdo con Bratić [19], algunas de las dimensiones que se deben tener en cuenta para evaluar la ventaja competitiva de una empresa están relacionadas con el precio/costo (una organización es capaz de competir contra los principales competidores basados en bajo precio), la calidad (una organización es capaz de ofrecer calidad y rendimiento del producto que crea mayor valor para los clientes), la confianza en la entrega (una organización es capaz de proporcionar a tiempo el tipo y volumen de producto requerido por el cliente), el producto innovador (una organización es capaz de introducir nuevos productos con nuevas características en el mercado), necesidades del cliente (se responde bien a la demanda de los clientes de nuevas características), tiempo de comercialización (la organización es capaz de introducir nuevos productos más rápido que los principales competidores).

El desarrollo de estas dimensiones permitirá definir la estrategia empresarial y definir las herramientas necesarias para orientar sus procesos. En este sentido, la aplicación de las tecnologías de la información puede ser uno de los potencializadores principales de tales dimensiones y al mismo tiempo un generador de ventajas competitivas, debido a que las empresas contemporáneas están utilizando ampliamente la hoja de ruta tecnológica como un marco para apoyar la investigación y el desarrollo de tecnologías futuras que podrían mantener una ventaja competitiva [20].

Igualmente, la producción industrial debe aprovecharse del uso de alta tecnología para cumplir con la satisfacción de las necesidades heterogéneas de los clientes a través de la individualización y la realización de efectos de escala a lo largo de la cadena de valor [21]. Para lograr una mejor eficiencia y competitividad en estos procesos, las empresas que se están moviendo hacia la Industria 4.0 deben conocer todos los aspectos que pueden verse influenciados y cuáles son las principales implicaciones, pero también cuáles son las oportunidades para la innovación [22]. Por lo tanto, Industria 4.0 se caracteriza por la innovación y la introducción de nuevos productos y servicios como sistemas integrados que pueden ser receptivos e interactivos, pudiendo ser gestionados y rastrear su actividad en tiempo real, optimizando toda la cadena de valor y proporcionando información relevante sobre su estado durante su ciclo de vida [23].

Para Witkowski [3], el proceso de automatización desarrollado por tecnologías 4.0 facilitan la segmentación de la cadena de suministro centrada en la demanda y las necesidades específicas de los clientes, esto puede ayudar a reducir el volumen de existencias y, por lo tanto, a optimizar los costos. Así mismo mediante el uso de algoritmos avanzados, el software permite calcular las rutas óptimas de transporte intermedio y permite realizar el proceso de fabricación con el objetivo de obtener el menor costo o tiempo [24]. Además, las empresas pueden llegar a obtener mejoras en su rendimiento en cuanto a flexibilidad; costos; productividad; calidad; y plazos de entrega mediante el uso de estas tecnologías, pero es importante que reconozcan la necesidad de un nuevo conjunto de capacidades gerenciales que exigen este nuevo modelo de gestión [18].

Esta automatización y conectividad en las cadenas de valor de fabricación conducen a reducir tiempos de entrega y calidad mejorada [25]. Para esto, con el uso de estas tecnologías, la

integración requerida dentro de los diferentes actores y partes interesadas de la cadena de suministro garantizará una coordinación y alineación total entre todas las fases de la cadena de valor. Por lo tanto, como ejemplo, los transportes podrán comunicar su posición y la hora prevista de llegada al sistema inteligente de gestión de almacenes, que podrá seleccionar y preparar su llegada, optimizando la entrega justo a tiempo y en la secuencia necesaria. Simultáneamente, los sensores RFID revelarán lo que se ha entregado y enviarán los datos de seguimiento y localización a toda la cadena de suministro. El sistema atribuirá automáticamente el espacio de almacenamiento de acuerdo con los detalles de la entrega y solicitará el equipo apropiado para mover las mercancías a la ubicación correcta de forma autónoma [26].

Debido a que la Industria 4.0 surgió de un avance de la tecnología de la información y los datos, estos se convierten en un conocimiento valioso que se puede organizar, administrar y utilizar para mejorar el rendimiento de la productividad y una mayor innovación a fin de obtener ventajas más competitivas para las organizaciones [16]. Con el uso de estas mejoras tecnológicas y humanas, se espera también una mayor calidad de producto e ingresos con menor tiempo de entrega (fabricación) y bajo costo del producto. [24]. Finalmente, este desarrollo tecnológico también ha permitido una simbiosis industrial, la cual describe la cooperación (entre empresas) de diferentes fábricas como una alternativa para obtener una ventaja competitiva mediante el comercio e intercambio de productos, materiales, energía, agua y también datos inteligentes a nivel local. Este concepto hacia una eficiencia integral de los recursos se describe como una de las ventajas esenciales de la Industria 4.0 [27].

De acuerdo con estos elementos expuestos sobre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 como ventaja competitiva se plantean como hipótesis de estudio las siguientes:

Hipótesis 1 El nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0 esta positivamente relacionado con un mejor precio como ventaja competitiva de la empresa.

Hipótesis 2 El nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0 esta positivamente relacionado con la calidad del producto como ventaja competitiva de la empresa.

Hipótesis 3 El nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0 esta positivamente relacionado con la confiabilidad de la entrega del producto como ventaja competitiva de la empresa.

Hipótesis 4 El nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0 esta positivamente relacionado con la innovación del producto como ventaja competitiva de la empresa.

Hipótesis 5 El nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0 esta positivamente relacionado con el tiempo de comercialización del producto como ventaja competitiva de la empresa.

3. MÉTODO

Este estudio tiene las características de un enfoque cuantitativo, ya que “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”[28]. Igualmente, tiene las condiciones de un estudio descriptivo y correlacional ya que describe tendencias de un grupo y asocia variables mediante un patrón predecible para una población. Los datos se obtuvieron a través de un cuestionario diseñado sobre el uso de las tecnologías de la industria 4.0 para el desarrollo empresarial. El cuestionario se centró en Pymes y se distribuyó entre los meses de febrero a abril de 2020 en varios sectores industriales. Para identificar la población relevante se utilizaron diferentes bases de datos libres. Todas las empresas fueron contactadas vía correo electrónico y algunas de manera presencial. La muestra del estudio consistió en 75 empresas que respondieron el cuestionario (nivel de confianza del 95%, $pq = 0,50$: 11,3%).

Para medir la variable nivel de uso de las tecnologías de la industria 4.0 dentro de la empresa (Ind4.0_Tech) se solicitó a los empresarios que indicaran cómo consideran el nivel de uso de cada una de ellas (Big Data y Analytics, Robots autónomos, Simulación, Integración del sistema horizontal y vertical, Internet de las cosas, Ciberseguridad, Fabricación aditiva, Realidad aumentada, Computación en la nube, Tecnologías móviles, Inteligencia artificial, Identificación por radiofrecuencia (RFID) y tecnologías de sistema de localización en tiempo real). Esta variable consiste en la media aritmética obtenida de una escala Likert de cinco puntos (Alpha Cronbach (0.950), KMO (0.900) y Bartlett (0.000).

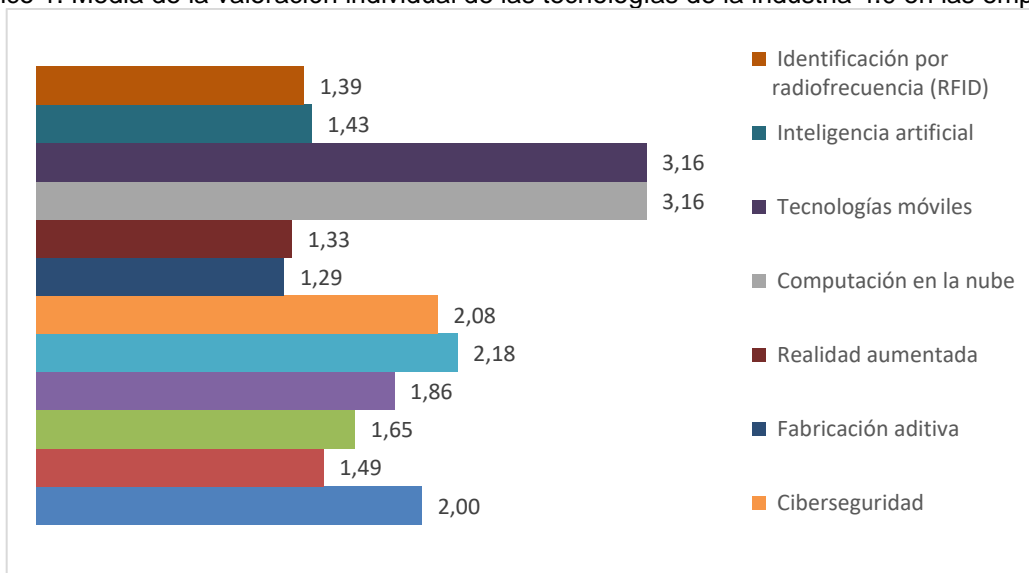
Con respecto al nivel de ventaja competitiva de la empresa, para medirlo se ha propuesto un modelo multidimensional basado en Bratić [19], para lo cual se han elegido las siguientes dimensiones (con su respectivo Alfa de Cronbach): precio (0,782), calidad (0,949), confiabilidad de entrega (0,957), innovación del producto (0,730) y tiempo de comercialización (0,878). Esta variable consiste en la media aritmética obtenida de una escala Likert de cinco puntos en cada una de las dimensiones evaluadas donde 1 significa que el encuestado está muy en desacuerdo y 5 que está muy de

acuerdo. Así mismo, el KMO también se muestra adecuado, siendo de 0,889 y la prueba de esfericidad de Bartlett significativa (0,000). Por su parte, las comunalidades también constatan la idoneidad de la técnica al presentar para todas las variables unos valores superiores a 0.600. Las variables tamaño (Número de empleados en la empresa) y edad (Número de años desde la constitución o el inicio de la actividad) han sido tomadas como variables de control. A continuación, se presentan los resultados del análisis descriptivo y el posterior análisis de regresión que se presentan para confirmar la correlación de las variables analizadas.

4. RESULTADOS

Conforme a los resultados obtenidos en la muestra, la media del uso de las Tecnologías de la industria 4.0 en las empresas analizadas es de 1,92 sobre 5,0. Esto indica que sigue teniendo una valoración muy baja y esta de acuerdo con otros estudios [29]. Analizando el uso de cada una de estas tecnologías, se observa que computación en la nube (3.16) y tecnologías móviles (3,16) son las que presentan mayor valoración e indican una apuesta de las empresas por estas tecnologías. Igualmente, internet de las cosas (2.18), viene presentando un incremento de su aplicación en las empresas. Contrario a esto, el uso de robots autónomos (1.33), y la fabricación aditiva (1.3) presentan la valoración más baja y muestran un desarrollo aún incipiente en las empresas e industrias de la región. Una de las principales razones por las cuales se presenta este bajo uso de tecnologías puede ser relacionada con su precio de compra e insumos necesarios para su funcionamiento. La valoración de cada una de las tecnologías se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1. Media de la valoración individual de las tecnologías de la industria 4.0 en las empresas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo definido sobre la ventaja competitiva, las hipótesis plantean que el uso de las tecnologías de la industria 4.0 puede ser un factor importante para que las empresas incrementen sus fortalezas en cada una de las dimensiones y aspectos que la hacen más competitiva. Para contrastar las hipótesis planteadas se consideró el siguiente modelo, utilizando una regresión lineal por MCO.

$$Y_i = b_0 + b_1 \text{Ind}4.0_TechC_i + b_2 \text{Tamaño}_i + b_3 \text{Edad}_i + \epsilon_i \quad (1)$$

El tamaño y edad de la empresa han sido tomadas como variables de control. La tabla 1 resume cada una de las variables utilizadas.

Tabla 1 Resumen variables de relación industria 4.0 y ventaja competitiva

Variable dependiente Y_i	
CA_Precio	Precio
CA_Calidad	Calidad
CA_Entrega	Confiabilidad de entrega
CA_Innovación de producto	Innovación del producto

CA_Tiempo de mercado	Tiempo de comercialización
CA_General	Ventaja competitiva global
Variable explicativa	
Ind4.0_Tech	Grado de utilización de las Tecnologías de la industria 4.0 en la empresa
Control	
Tamaño	Número de empleados
Edad	Número de años de actividad de la empresa

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la tabla 2 se pueden observar los resultados de la estimación realizada para examinar las relaciones entre el grado de utilización de las Tecnologías de la industria 4.0 y las cinco dimensiones de la cadena de valor. Los datos se procesaron mediante regresiones lineales múltiples por MCO y se comprobó que los regresores de todos los modelos presentarían un factor de inflación de la varianza (VIF) que descartara la presencia de multicolinealidad.

Tabla 2. Resumen modelo uso de tecnologías de la industria 4.0 y ventaja competitiva

	CA_Precio	CA_Calidad	CA_Entrega	CA_Innovación de producto	CA_Tiempo de mercado	Ventaja competitiva general
Ind4.0_Tech	0.388**	0,406**	0,407**	0,476***	0,491***	0,513***
	2.576	2658	2,662**	3,227***	3,349***	3551***
F	3.076**	2.546**	2,533*	3.802**	3,093**	4.623***
R ² ajustado	0,115	0,088	0,087	0,149	0,160	0,185
Durbin-Watson	1.524	2.063	2.313	2.692	2.117	2.216

Notas: * = p £ 0.1; ** = p £ 0.05; *** = p £ 0.01. Debajo de cada coeficiente estandarizado, entre paréntesis, valor del estadístico t-student. VIF más alto: 1,230. Media de los residuos para todos los modelos 0,000

Fuente: elaboración propia

Se observa entonces que el uso de las tecnologías de la industria 4.0 en las empresas genera un impacto positivo en la percepción de ventaja competitiva a nivel general, encontrando un estadístico positivo y significativo 0,513 ($p < 0.05$). Esto indica que el uso de las diferentes herramientas tecnológicas enfocadas a la industria 4.0 son clave para que mejoren en general los aspectos y las habilidades relacionados con la ventaja competitiva que se lleva a cabo en las organizaciones.

En cuanto a la relación entre las tecnologías relacionadas con la industria 4.0 y el precio/costo como ventaja competitiva, se encuentra estadísticamente positiva y significativa 0,388 ($p < 0.05$), lo que indica que el uso de estas tecnologías se asocia con una disminución de precios de venta. Por lo cual se comprueba la hipótesis planteada (1), y los resultados son consistentes con otros autores [4, 24]. Estos resultados muestran que el avance de estas tecnologías se ha dirigido a optimizar los costes de fabricación y pueden generar resultados favorables en este sentido para empresas y clientes.

De la misma manera el análisis estadístico ha identificado un coeficiente significativo entre la relación del uso de estas tecnologías y la calidad de producto como ventaja competitiva 0,406 ($p < 0.05$), lo que indica que el uso de estas tecnologías en las empresas analizadas esta asocia a una mejor calidad de los productos desarrollados por las organizaciones. Este resultado estaría en sintonía con lo expuesto por Trstenjak and Cosic [24] y se comprueba la hipótesis planteada (2) .

Igualmente, en cuanto a la relación de estas tecnologías con los tiempos de entrega, se encuentra estadísticamente positiva y significativa 0,407 ($p < 0.05$), lo que revela que el uso de estas tecnologías se asocia con una disminución en los tiempos de entrega de producto con los cuales se comprometen las empresas (hipótesis 3). Además, y en concordancia con Trstenjak and Cosic [24] se comprueba que estas mejoras tecnológicas, acompañadas de un recurso humano calificado proporcionan una mayor productividad, con menor tiempo de entrega del producto (fabricación).

De otro lado, la relación entre las tecnologías de la industria 4.0 y la innovación de producto se encuentra estadísticamente positiva y significativa 0,476 ($p < 0.05$), lo que indica que el uso de las tecnologías analizadas hace que las empresas pueden utilizar el diseño e innovación de nuevos productos como ventaja competitiva, por lo cual se comprueba la hipótesis planteada (4). Estos

resultados están acordes con Shamim, Cang, Yu and Li [6], Wilkesmann and Wilkesmann [30], quienes proponen que el desarrollo de la industria 4.0 es compatible y es una estrategia que lleva a la innovación, además que puede ser utilizada como ventaja competitiva [16]. Esto se evidencia en tecnologías como la fabricación aditiva (representada por la impresión 3D) que está asociada con los beneficios esperados para el desarrollo de nuevos productos.

En cuanto a la relación con la ventaja competitiva con el tiempo de comercialización, se ha identificado un coeficiente significativo 0,491 ($p < 0.01$), lo que revela que el uso de las Tecnologías de la industria 4.0 en las empresas analizadas esta asocia con un menor tiempo de las empresas en sacar al mercado nuevos productos, por lo cual se comprueba la hipótesis planteada (5). Esto demuestra, igual que lo expuso Lasi, Fettke, Kemper, Feld and Hoffmann [4], que los avances en este sentido están dirigidos también hacia la reducción de plazos y comercialización, dando la capacidad a las empresas de adaptarse a los nuevos cambios en un mercado que exige mayor rapidez en los procesos de compra y venta.

5. CONCLUSIONES

La Industria 4.0 se ha presentado como una alternativa importante para mejorar las ventajas competitivas de las empresas a partir del creciente volumen de datos que facilitan los procesos de decisión y permiten cumplir los nuevos requerimientos de los clientes. Esta mejora de las ventajas competitivas, proporcionada gracias al desarrollo de nuevas tecnologías de información, se ven reflejadas desde diferentes dimensiones tales como precio/costo, calidad, innovación de producto, tiempo de comercialización y tiempos de entrega.

El análisis empírico sugirió que las empresas son sensibles a mejorar en sus ventajas competitivas a través del uso de las tecnologías relacionadas con la industria 4.0. Por lo tanto, la adopción de estas tecnologías es una parte fundamental en la decisión de una empresa que pretende realizar actividades innovadoras y mantenerse a flote en mercados cada vez más exigentes. A pesar de estos hallazgos, y debido a que la implantación de estas tecnologías es aún muy baja, las empresas tienen aún poca confianza en la inversión que se debe hacer en estos recursos. Por lo tanto, si bien hemos propuesto un modelo para explicar el uso de estas tecnologías, en aspectos relacionados con las dimensiones de la ventaja competitiva, el desarrollo de este modelo puede ser valioso para el análisis de las políticas organizacionales que motiven a su implementación y facilitar la toma de decisiones de la empresa para que su desarrollo coincida con el ritmo que viene imponiendo la industria 4.0.

6. REFERENCIAS

- [1] P. G. Morales, J. A. A. España, J. E. G. Zárate *et al.*, 2017 "La nube al servicio de las pymes en dirección a la industria 4.0," *Pistas Educativas*, vol. 39, no. 126.
- [2] A. Magruk, 2016 "Uncertainty in the sphere of the industry 4.0—potential areas to research," *Business, Management and Education*, vol. 14, no. 2, pp. 275-291.
- [3] K. Witkowski, 2017 "Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management," *Procedia Engineering*, vol. 182, pp. 763-769.
- [4] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper *et al.*, 2014 "Industry 4.0," *Business & Information Systems Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 239-242.
- [5] M. C. Türkeş, I. Oncioiu, H. D. Aslam *et al.*, 2019 "Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania," *Processes*, vol. 7, no. 3, pp. 153.
- [6] S. Shamim, S. Cang, H. Yu *et al.*, 2016 "Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective." pp. 5309-5316.
- [7] S. V. Lobova, N. V. Bykovskaya, I. M. Vlasova *et al.*, 2019 "Successful experience of formation of industry 4.0 in various countries," *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*.
- [8] D. Horváth, and R. Z. Szabó, 2019 "Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 146, pp. 119-132.
- [9] A. G. Frank, L. S. Dalenogare, and N. F. Ayala, 2019 "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies," *International Journal of Production Economics*, vol. 210, pp. 15-26.
- [10] T. Hamada, 2019 "Determinants of Decision-Makers' Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation," *Social Sciences*, vol. 8, no. 5, pp. 140.
- [11] M. A. Bayo, M. Billón, and L. Lera, F., 2008 "Skills, technology and organisational innovation in Spanish firms," *International Journal of Manpower*, vol. 29, no. 2, pp. 122-145.

- [12] X. Zhang, D. P. van Donk, and T. van der Vaart, 2011 “Does ICT influence supply chain management and performance?: A review of survey-based research,” *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 31, no. 11, pp. 1215-1247.
- [13] J. M. Müller, and S. Däschle, 2018 “Business Model Innovation of Industry 4.0 Solution Providers Towards Customer Process Innovation,” *Processes*, vol. 6, no. 12, pp. 260.
- [14] M. Haseeb, H. I. Hussain, B. Ślusarczyk *et al.*, 2019 “Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance,” *Social Sciences*, vol. 8, no. 5, pp. 154.
- [15] L. S. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala *et al.*, 2018 “The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance,” *International Journal of Production Economics*, vol. 204, pp. 383-394.
- [16] M. A. Berawi, 2018 “Utilizing big data in industry 4.0: Managing competitive advantages and business ethics,” *International Journal of Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 430-433.
- [17] A. Malik, 2019 “Creating competitive advantage through source basic capital strategic humanity in the industrial age 4.0,” *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, vol. 4, no. 1, pp. 209-215.
- [18] A. Moeuf, R. Pellerin, S. Lamouri *et al.*, 2018 “The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0,” *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 3, pp. 1118-1136.
- [19] D. Bratić, 2011 “Achieving a competitive advantage by SCM,” *IBIMA Business Review*, vol. 2011, pp. 1-13.
- [20] J. H. Lee, R. Phaal, and S.-H. Lee, 2013 “An integrated service-device-technology roadmap for smart city development,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 80, no. 2, pp. 286-306.
- [21] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller *et al.*, 2014 “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective,” *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 37-44.
- [22] A. Pereira, and F. Romero, 2017 “A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept,” *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1206-1214.
- [23] H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger *et al.*, 2013 *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*: Forschungsunion.
- [24] M. Trstenjak, and P. Cosic, 2017 “Process planning in Industry 4.0 environment,” *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 1744-1750.
- [25] T. D. Oesterreich, and F. Teuteberg, 2016 “Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry,” *Computers in industry*, vol. 83, pp. 121-139.
- [26] L. Barreto, A. Amaral, and T. Pereira, 2017 “Industry 4.0 implications in logistics: an overview,” *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1245-1252.
- [27] T. Stock, and G. Seliger, 2016 “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0,” *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 536-541.
- [28] S. R. Hernández, C. C. Fernández, and L. P. Baptista, 2010 *Metodología de la investigación*.
- [29] J. Stentoft, K. W. Jensen, K. Philipsen *et al.*, 2019 “Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence.”
- [30] M. Wilkesmann, and U. Wilkesmann, 2018 “Industry 4.0—organizing routines or innovations?,” *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, vol. 48, no. 2, pp. 238-254.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a el grupo de investigación GIIS de Unipanamericana Compensar Institución Universitaria y a la empresa Draco Servicios de la ciudad de Bogotá por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Análisis de Viabilidad Técnico-Económico para Suministrar Gas Hidrógeno o su Mezcla con Gas Natural, al Transporte Vehicular.

Rocchi, Ariel¹, Fernandez, Erica^{2,3}, Vega, Jorge^{4,5}

¹Depto. Ing. Electromecánica, FRRRA, UTN. M. Acuña 49, Rafaela, Argentina, S2300ADA

ariel.rocchi@fra.utn.edu.ar

²Depto. Ing. Industrial, FRRRA, UTN. C.P.: 2300 - M. Acuña 49. erica.fernandez@fra.utn.edu.ar

³GEMPRO – UTN FRSF C.P.: 3000 - Lavaise 610.

⁴CIESE, FRSF, UTN. C.P.: 3000 - Lavaise 610. jvega@frsf.utn.edu.ar

⁵INTEC, CONICET-UNL. C.P.: 3000 - RN N° 168, Km 0.

RESUMEN.

El hidrógeno es considerado el combustible del futuro por ser: i-renovable y, ii- no contaminante. Sus componentes energético y económico lo caracterizan para transformarse, a futuro, en una commodity. Argentina cuenta con experiencia y tiene un gran desarrollo en el uso de combustibles gaseosos, lo cual debería permitir una rápida adaptación al transporte, respecto de la aplicación de la mezcla gas natural-hidrógeno. El uso de este nuevo combustible podría permitir no solo alargar la vida del gas natural, sino contribuir con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes, favorecer al desarrollo de la movilidad sustentable e incentivar la generación distribuida. De este modo, Argentina deberá adquirir experiencia para poder desarrollar, a futuro, su economía del hidrógeno. En este trabajo, mediante un análisis de viabilidad técnico-económico se pretende analizar la posibilidad de suministrar gas hidrógeno o su mezcla con gas natural en una estación de servicio propuesta, estimando costos y deduciendo tecnologías propicias.

Palabras Claves: hidrógeno, energías renovables, gas natural, transporte, viabilidad técnico-económico.

ABSTRACT

Hydrogen is considered the fuel of the future because it is: i-renewable and ii- non-polluting. The hydrogen energetic and economic components provide it the role of becoming a commodity in the future. Argentina has experience and an important development in the use of gaseous fuels, which could help to a quick transport adaptation, in comparison to the application of the natural gas-hydrogen mixture. The use of this new fuel would extent the time of life of natural gas, while it would also contribute to the reduction of greenhouse effect and other polluting gas emissions, to promote the development of sustainable mobility, and to encourage distributed generation. Therefore, Argentina will have to acquire experience in order to develop its hydrogen economy in the future. In this work, a technical-economic feasibility analysis aims at analyzing the possibility of supplying hydrogen gas or its mixture with natural gas in a proposed gas station, making cost estimations and deducing favourable technologies.

Keywords: hydrogen, renewable energy, natural gas, transport, technical-economic feasibility.

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno podría desempeñar un papel importante en la nueva gestión energética y se considera tan seguro como el gas natural (GN). Por ejemplo, en Alemania se está estudiando un proyecto para la construcción de un sistema de ductos para distribuir hidrógeno a través de la red GN y otro para construir una red de hidrógeno que abastezca a las principales autopistas de ese país, alrededor del mundo existen unos 1.000 km de hidroductos en operación [1]. La combustión de GN tiene un factor de emisión de CO_2 entre 20 % y 40% menor que los hidrocarburos líquidos y sólidos, respectivamente. Sin embargo, el GN puede mezclarse con hidrógeno gaseoso (HG), en aras de mejorar su combustibilidad y reducir las emisiones contaminantes. Se considera que el hidrógeno es un combustible que posee las ventajas de tener cero emisiones de CO_2 y, el potencial de ser 100% de origen renovable si se obtiene por electrólisis del agua y, la electricidad usada para este fin se genera a partir de fuentes renovables [2].

Algunas experiencias nacionales e internacionales lo demuestran:

- a- UTN Facultad Regional Bs As, Grupo de Investigación de “COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS”, determino que [3]:
 - Resulta factible que los motores actuales equipados con sistemas de inyección de combustible gaseoso, puedan utilizar el combustible híbrido GN comprimido (GNC) con: i- 5% de HG v/v o, ii- 20% de HG v/v, con diferentes factor lambda (λ). El factor λ se utiliza para designar la proporción aire-combustible (en peso), en forma de mezcla, que entra al cilindro de un motor de ciclo Otto.
 - En estos ensayos se observó el potencial al utilizar HG, ya que presenta tendencia a disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
 - Actualmente tienen trabajos presentados sobre un motor Volkswagen, Audi-Gol, 1.6 multipunto con equipo de GNC.
 - La experiencia obtenida en el banco de ensayo se trasladó al funcionamiento de un Vehículo Marca Peugeot 408, donado por la automotriz, para ensayo en pistas o autódromos con el combustible híbrido GNC con 20% de HG v/v. Por los resultados positivos logrados en disminuir las emisiones y el consumo de combustible, el proyecto se considera como parte de una transición progresiva hacia el uso del hidrógeno en vehículos, permitiendo a la comunidad adquirir confianza en el nuevo combustible y su capacitación [4].
- b- Hychico: Planta de Hidrógeno: se menciona la experiencia de Planta de Hidrógeno de Hychico, que se inauguró en diciembre del 2008, y está ubicada a 20 km de la Ciudad de Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut (Argentina). La planta cuenta con dos electrolizadores con una capacidad total de $120 \frac{Nm^3}{h}$ de HG y $60 \frac{Nm^3}{h}$ de oxígeno gaseoso (OG). El HG de alta pureza (99,998 %) es mezclado con GNC para alimentar-ensayar un moto-generator de 1,4 MW, que posee un motor de combustión interna adaptado especialmente para operar con gas rico y/o pobre mezclado con HG. Es importante destacar que la pureza del HG producido lo hace especialmente apto para su uso en Celdas de Combustible. Las proporciones alcanzadas de hasta un 42% de HG en mezcla, se encuentran por encima de los rangos internacionales usuales para estos motores de alta potencia, logrando buenos desempeños en cuanto a rendimientos y reducción de emisiones contaminantes (HC, CO_2 , CO y NO_x). El OG producido, también de alta pureza (99,998%), es comercializado a alta presión en el mercado de gases industriales [5].
- c- Estación de Repostaje de Hidrógeno (HRS): A finales de 2019, 470 estaciones de repostaje-servicio-reabastecimiento de hidrógeno estaban en funcionamiento en todo el mundo, un aumento de más del 20% con respecto a 2018. Japón sigue siendo el líder con 113 estaciones, seguido de Alemania con 81 y Estados Unidos con 64. El número de estaciones en operación se expandió considerablemente en Corea con +20, Japón con +13 y, Alemania con +12, mientras que Estados Unidos agregó solo 1 HRS en 2019. Similar a los vehículos eléctricos de pila de combustible (Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV), el número de estaciones de reabastecimiento de combustible se triplicó en China en 2019 (de 20 a 61), lo que la posiciono en el cuarto país con el número más grande de estaciones de servicio, seguido por Corea y Francia. En los vehículos, no de carretera, las nuevas aplicaciones están ganando reconocimiento. A finales de 2018, dos trenes de celdas de combustible producidos por Alstom comenzaron a funcionar en Alemania, y las pruebas exitosas llevaron al anuncio de que otros 14 se pondrán en servicio en 2021. El Reino Unido y los Países Bajos también han mostrado interés en los trenes de hidrógeno de Alstom, y un tranvía de celdas de combustible comenzó a operar en Foshan (China) en 2019, con China explorando más posibilidades para el ferrocarril alimentado con HG [6].

1.1. Costos de producción de hidrógeno en el mundo.

En la Figura 1 se da a conocer los distintos costos de producción de hidrógeno, en distintas partes del mundo y con distintas formas de obtención. CCUS significa captura de carbón, utilización y almacenamiento (Carbon Capture, Utilisation and Storage).

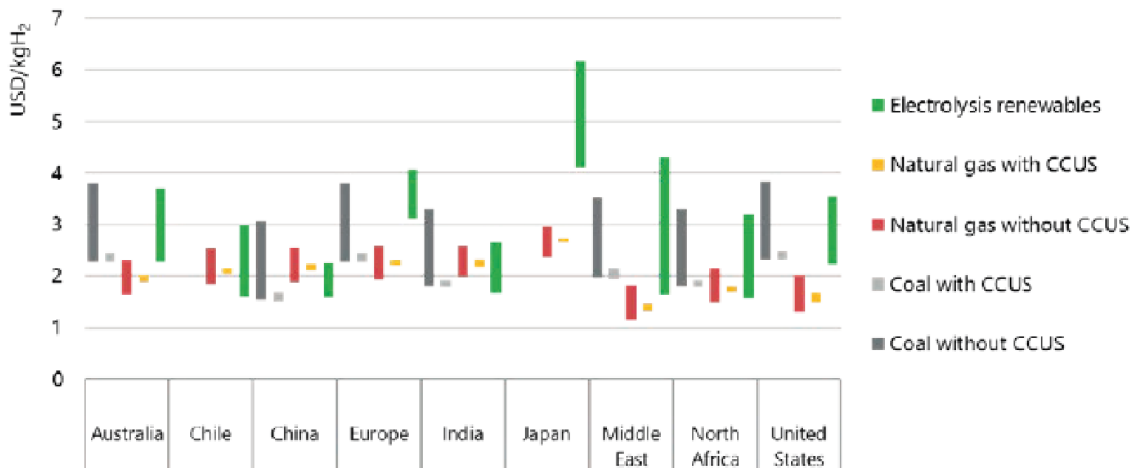


Figura 1 Costo de Producción del Hidrógeno en distintas partes del mundo [7].

En la Figura 2 se da a conocer los distintos costos de producción de hidrógeno, con distintas formas de obtención, en China. Además, señala que el hidrógeno producido hoy por electrólisis es aproximadamente dos veces más caro que el hidrógeno obtenido del GN. OPEX (Operational Expenditure) representa el costo operativo y, CAPEX (Capital Expenditure) a las inversiones en bienes de capital, dependiendo de la procedencia.

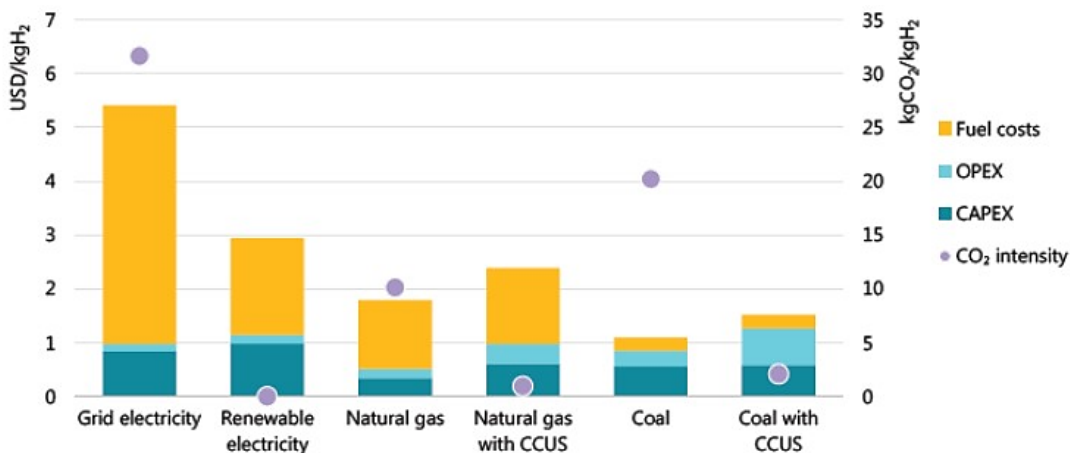


Figura 2 Costo Actual de Producción del Hidrógeno en China [7].

En la Figura 3 se presentan los costos de hidrógeno bajo sistemas fotovoltaicos y eólicos, en distintos países del mundo, donde se toma conocimiento del amplio desafío comercial respecto de nuevos mercados. Se puede establecer un rango de precio internacional para el HG (Pr_{HG}), que oscila entre 1,50 - 6,30 USD/kg.

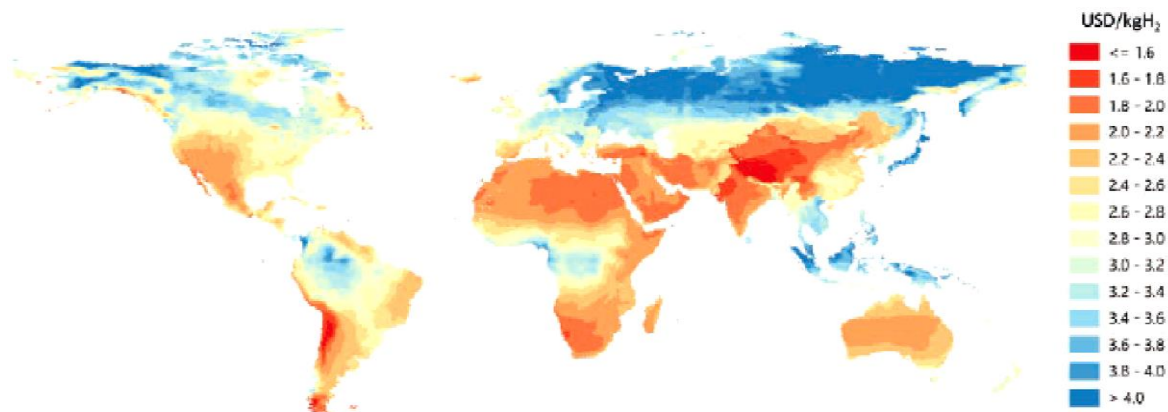


Figura 3 Costo del hidrógeno obtenidos bajo sistemas fotovoltaicos y eólicos [7].

En la Figura 4 se grafican, esquemáticamente, donde se ubica por tamaño de vehículo y distancia de conducción, dependiendo del tipo de unidad impulsora.



Figura 4 Tamaño del Vehículo Vs Distancia de Conducción [8].

Bajo este contexto, la tarea de interés detectada en esta propuesta, se basa en un estudio técnico-económico para analizar la posibilidad de suministrar HG o su mezcla con GN en una HRS, estimando costos y deduciendo tecnologías propicias. El trabajo permitirá analizar y decidir la forma más adecuada de suministro y provisión de HG.

2. ESTACIÓN DE SUMINISTRO PROPUESTA.

Una HRS, es una infraestructura diseñada para llenar un vehículo con combustible hidrógeno. Ciertos componentes técnicos son necesarios para la construcción de una estación de repostaje de hidrógeno. Para todas las estaciones de reabastecimiento de combustible, estas incluyen instalaciones de almacenamiento de hidrógeno de tamaño adecuado, compresores que llevan el hidrógeno al nivel de presión de gas deseado, un sistema de pre-enfriamiento y dispensadores para entregar el combustible. Las estaciones de reabastecimiento de combustible se pueden configurar de manera más rápida y menos costosa estandarizando estos componentes. Si el hidrógeno se produce en el sitio (Generación Distribuida), o se entrega a la estación a una presión intermedia, o en estado líquido, la unidad básica también requiere un almacenamiento intermedio (basado en tecnología de hidrógeno gaseoso o líquido) y un sistema de compresión. La HRS puede ser parte de una estación de reabastecimiento de combustible fósil o una infraestructura independiente. En la Figura 5 y la Tabla 1 se presentan y se indican el esquema de estación de suministro propuesta y las referencias utilizadas, respectivamente.

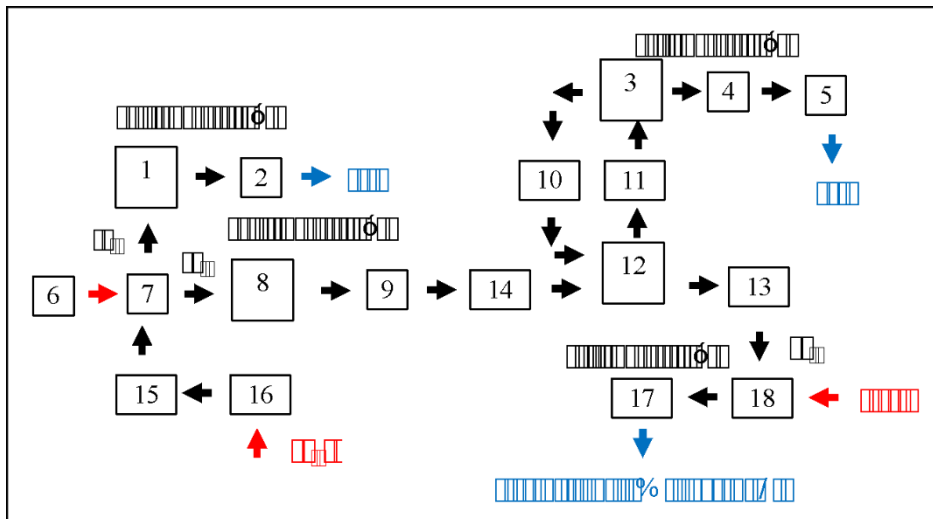


Figura 5 Esquema de Estación de Suministro Propuesta: H2 y Mezcla. Elaboración Propia.

En la Tabla 2 se identifican las zonas de baja y alta presión del sistema, en función de las referencias enunciadas en Tabla 1. En la Tabla 3 se indica la secuencia de generación, en función de los distintos productos de salida. Se propone la generación de GNC (250 Bar), GNC con 20% de HG v/v (a 250 Bar), HG (700 Bar) y OG. Por ejemplo, la generación de GNC con 20% de HG v/v requiere la siguiente secuencia: el agua que se encuentra en un depósito de agua -16- se acondiciona -15- e ingresa al electrolizador -7-. El hidrógeno obtenido se almacena en un tanque -8- y luego es sometido a un proceso químico -9- para eliminar cloruros, sulfuros, entre otros. A continuación, el hidrógeno pasa por un compresor -14- que llevan el hidrógeno al nivel de presión de gas deseado y se almacena en un tanque -12- para luego ingresar al sistema de pre-enfriamiento -13-. En la estación de dosificación -18- ingresa GNC y se obtiene el producto final -17-.

Tabla 1 Referencias Estación de Suministro Propuesta. Elaboración Propia.

1,3,8,12.Tanque de Almacenamiento	2. Válvula Paso	4,13. Sistema de Pre-Enfriamiento
5,17. Surtidor	6. Generador Energía Renovable	7. Electrolizador
9. Sistema Deoxo – Dryer	10. Válvula Reguladora de Presión	11,14. Compresor
15. Sistema para Acondicionar Agua	16 Depósito de agua	18. Estación de Dosificación
Referencias:	Entrada	Salida

Tabla 2 Identificación de Zonas de Alta Presión y Baja Presión. Elaboración Propia.

1. Baja Presión: > 30 Bar (OG)	3. Alta Presión: ≅ 700 Bar (HG).
8. Baja Presión: > 30 Bar (HG).	12. Alta Presión: 200—350 Bar (HG).

Tabla 3 Secuencia de Generación. Elaboración Propia.

SERVICIOS	SECUENCIA	PRODUCTOS SALIDA
GNC Energía Eléctric	→	GNC (250 Bar)
$\frac{-6-}{-16-15-} - 7 - 8 - 9 - 14 - 12 - 13 - 18 - 17$		
H ₂ O GNC Energía E Alternativa:		GNC con 20% de HG v/v (a 250 Bar)
$\frac{-6-}{-16-15-} - 7 - 8 - 9 - 14 - 12 - 11 - 3 - 10 - 12 - 13 - 18 - 17$		
H ₂ O GNC Energía E	$\frac{-6-}{-16-15-} - 7 - 8 - 9 - 14 - 12 - 11 - 3 - 4 - 5$	HG (700 Bar)
H ₂ O Energía Eléctric	$\frac{-6-}{-16-15-} - 7 - 1 - 2$	OG

2.1. Descripción de los principales componentes.

- *Electrolizador -7-*: El proceso por el cual se generan hidrógeno y oxígeno a partir del agua es denominado electrólisis. La generación de hidrógeno por electrólisis se escoge por ser un proceso de tamaño reducido, en comparación con las otras tecnologías de obtención ya mencionadas, no genera emisiones contaminantes, no genera residuos contaminantes y, es sostenible a largo plazo, ya que no depende de combustibles fósiles. Este proceso consiste en conseguir hacer pasar una corriente eléctrica entre dos electrodos sumergidos en agua. El principio de electrólisis fue formulado por primera vez por Michael Faraday en 1820. La tecnología de electrólisis actualmente está muy desarrollada y existen una gran cantidad de electrolizadores de distintos tipos en el mercado. De todos, existen tres que son los más prometedores: electrolizadores alcalinos (AWE, Alkaline water electrolysis), electrolizadores de membrana de intercambio protónico (PEM) y, electrolizadores de Óxido Sólido (SOEC, Solid Oxide Electrolyser Cell). Para la presente propuesta se sugiere el Tipo PEM [9]: Presión de Salida: arriba de 35 Bar, Eficiencia General (sistema): 65 - 70%. Los electrolizadores PEM funcionan bien para sistemas de energías renovables (ER) donde el suministro de energía es muy variable. Generalmente los electrolizadores PEM son más adecuados para

plantas pequeñas, especialmente aquellas que tienen una salida variable, mientras que los electrolizadores alcalinos son claramente mejores para grandes plantas que están conectadas a la red de energía [10]. En la Figura 6 se presentan los datos técnicos del electrolizador PEM que se utilizará en este trabajo.

- *Sistema Deoxo – Dryer -9-*: El diseño químico del sistema Deoxo - Dryer está diseñado para eliminar cloruros, sulfuros y humedad del hidrógeno. El CO y el CO_2 también se eliminan durante el proceso. El sistema incluye el secado del gas [11].

- *Sistema de Pre-Enfriamiento -4,13-*: El protocolo Abastecimiento de Combustible SAE J2601, que cubre el reabastecimiento de combustible de vehículos con hidrógeno, tiene como objetivo garantizar que el tanque de hidrógeno de un vehículo no se caliente por encima de $85^\circ C$, incluso durante el reabastecimiento de combustible rápido. Como el hidrógeno se comprime durante el repostaje, se calienta. Dependiendo de la temperatura ambiente, la temperatura de suministro de combustible y la presión objetivo en el tanque del vehículo, es necesario pre enfriar (normalmente) para mantenerse dentro de los límites (sobrepresión / sobrecalentamiento) el sistema de almacenamiento de combustible del vehículo. La baja temperatura requerida generalmente se genera por medio de una máquina de refrigeración por compresión y un intercambiador de calor adecuado. El pre-enfriamiento agrega complejidad a la estación y aumenta su consumo de energía. La optimización adicional del proceso es actualmente un área de desarrollo [12].

Main Technical Data - SILYZER 200	
▪ Electrolysis type / principle	PEM
▪ Rated Stack Power	1.250 kW
▪ Dimension Skid	6,30 m x 3,10 m x3,00 m
▪ Cold (black) start time	10 min
▪ Start up time (from stand-by)	< 10 sec
▪ Operating temperature	60 – 70° C
▪ Ambient temperature	+2 to +40° C
▪ Output pressure	Up to 35 bar
▪ Purity H2 (depends on load; option*)	99.5% - 99.9% ; 99.999%*
▪ Rated H2 production	21 kg/h; 225 Nm ³ /h
▪ Weight per Skid	17 t
▪ Noise	<= 65 dB (Audio)
▪ CE-Conformity	yes
▪ Water consumption	1,5l/Nm ³ H2

Figura 6 Datos Técnicos del Electrolizador SILYZER 200 [9].

- *Surtidor -5,17-*: El reabastecimiento de combustible se realiza utilizando el surtidor, un dispositivo o una máquina para bombear combustible gaseoso al vehículo. El surtidor incluye la boquilla de abastecimiento de combustible, que entrega el combustible comprimido (HG, GNC o mezcla) al tanque de presión del vehículo. Está diseñado para: 200-300 Bar o 700 Bar, dependiendo del tipo de unidad impulsora. Otro elemento importante es la interfaz de usuario, que contiene varias pantallas que muestran la presión, el nivel de llenado o la cantidad medida [12].

- *Tanques de Almacenamiento -1,3,8,12-*: Los tanques de almacenamiento deben contener suficiente hidrógeno para satisfacer la demanda del cliente, con este fin el hidrógeno se almacena en tanques. Las cantidades que se almacenarán se calculan en función del número de operaciones de reabastecimiento anticipadas por día y se pueden adaptar con una expansión modular de la estación de reabastecimiento. Los tanques de almacenamiento de baja y alta presión se dimensionan para valores de presión: > 30 Bar, entre 200-350 bar y, 700 Bar, acorde a la Figura 5. En consecuencia, el hidrógeno del tanque de almacenamiento se transfiere al vehículo:

- a GNC: Con una presión de trabajo entre 200-350 Bar. La presión allí es lo suficientemente alta como para repostar el vehículo. Este tanque de almacenamiento -12- también se puede re-abastecer por la acción de una válvula reguladora de presión -10- desde el tanque de almacenamiento -3-.

- con Celdas o Pilas de Combustible: a través de un compresor de alta presión -11- al tanque de almacenamiento -3- de 700 Bar. Desde allí, el tanque del vehículo del cliente directamente, hasta alcanzar el equilibrio de presión.
- *Estación de Dosificación -18-*: Controla la entrada de HG al circuito de GNC ó el paso directo de GNC.
- *Sistema para Acondicionar Agua -15-*: Su función es adecuar el agua a los requisitos del electrolizador.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO EN EL MERCADO NACIONAL.

Existen muchas maneras de mirar el mundo, por eso es natural que el mismo fenómeno sea estudiado por varios campos de investigación. Para analizar la viabilidad de un proyecto en términos de rentabilidad económica, se debe realizar una estimación lo más fiable posible tanto del costo económico del proyecto como de los ingresos que se piensa que pueda generar. Es por eso que es interesante evaluar los costos a los cuáles debe hacer frente la empresa, los mismo se pueden desglosar en los costos OPEX y CAPEX. Incluso esos términos, relacionados con la contabilidad, ilustran perfectamente asuntos importantes en términos del mundo de los negocios, como la innovación, la eficiencia y la planificación. El análisis propuesto se va a basar en la Ecuación (1):

$$Pr_{HG} \times Q_{HG} + Pr_{OG} \times Q_{OG} > \sum_{i=1}^n (CAPEX_i + OPEX_i + X_i) \quad (1)$$

donde el subíndice (HG) representa al hidrógeno gaseoso, el subíndice (OG) representa al oxígeno gaseoso, el subíndice (i) representa a cada uno de los equipos que forman parte de la propuesta de la Figura 5, Pr es el precio ($\frac{\$USD}{kg}$), Q es el caudal ($\frac{kg}{h}$) y, con (X) se representa, entre otros, por ejemplo, al beneficio. El análisis económico del presente trabajo, se direcciona a comprender la influencia del electrolizador y la energía eléctrica (EE) destinada a la producción de HG, para la propuesta. Es por ello que la Ecuación (1) se redefine y se utiliza la Ecuación (2):

$$Pr_{HG} \times Q_{HG} > \frac{CAPEX_7}{2} + \frac{OPEX_{7EE}}{2} \quad (2)$$

La Ecuación (2) establece que el precio por kilogramo de hidrógeno, Pr_{HG} , multiplicado por la cantidad de kilogramos generados por hora, Q_{HG} , debe ser mayor al promedio de la inversión de bien de capital que crea beneficios, con referencia en el electrolizador (CAPEX), sumado a su costo operativo en términos de la energía eléctrica renovable (OPEX). Para los cálculos de las siguientes secciones se establecen las siguientes relaciones de energía entre diferentes combustibles:

i- $E_{HGN} \cong \frac{0,34 (l Nafta)}{Nm^3 HG}$ [13,14].

ii- $E_{HN} \cong \frac{3,79 (l Nafta)}{Kg Hidrógeno}$ [13,14].

iii- $E_{EN} \cong \frac{10 (kW-h)}{l Nafta}$ [15].

iv- $fcu \cong \frac{1}{11,15} \left(\frac{Kg Hidrógeno}{Nm^3 HG} \right)$

v- Para un Electrolizador Tipo PEM (Protón Exchange Membrane), se establece un rendimiento aproximado de $\eta_{PEM} = 0,66$ [7]. Dato conservador si lo comparamos con lo informado en [13].

3.1. OPEX: Energía Eléctrica Renovable.

Para la presente propuesta se va a evaluar la EE, a precios de ER para Argentina. La Ronda 3 del Programa Renovar arrojó los siguientes valores:

- a- 60 USD/(MW-h) es el precio para energía Eólica y energía Solar. La ciudad de Bahía Blanca, respecto de Energía Eólica, estableció un mínimo de $37,30 \frac{\$USD}{MW-h}$ aproximándose a los records mundiales de $30,00 \frac{\$USD}{MW-h}$ [16].
- b- $105 \frac{\$USD}{MW-h}$ es el precio para la Generación Hidroeléctrica con micro turbinas [16].

Argentina, con precios de la ER (P_{ER}) entre $30 \frac{\$USD}{MW-h}$ y $60 \frac{\$USD}{MW-h}$, se encontraría con un costo de EE asociado, dado por la Ecuación (3).

$$OPEX_{7EE} = E_{HN} \times E_{EN} \times \frac{1}{\eta_{PEM}} \times P_{ER} \times fcu_1 \quad (3)$$

donde $OPEX_{7EE}$ corresponde al cargo de la EE en $(\frac{\$USD}{kg})$ del electrolizador -7- y, fcu_1 representa un factor de conversión de unidades. A partir de la Ecuación (3), se obtiene $OPEX_{7EE}$ para cada valor de ER:

$$\begin{aligned} OPEX_{7EE} &= 3,79 \text{ (l Nafta/Kg Hidrógeno)} \times 10,00 \frac{(kW-h)}{\text{l Nafta}} \times \frac{1}{0,66} \times 30 \frac{\$USD}{(MW-h)} \\ &\times \frac{1}{1000} \frac{(MW-h)}{(kW-h)} = \\ &= 1,72 \text{ \$USD/kg Hidrógeno} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} OPEX_{7EE} &= 3,79 \text{ (l Nafta/Kg Hidrógeno)} \times 10,00 \frac{(kW-h)}{\text{l Nafta}} \times \frac{1}{0,66} \times 60 \frac{\$USD}{(MW-h)} \\ &\times \frac{1}{1000} \frac{(MW-h)}{(kW-h)} = \\ &= 3,45 \text{ \$USD/kg Hidrógeno} \end{aligned} \quad (5)$$

Los cargos mencionados se corresponden con las tecnologías solar y eólica y, son valores muy similares a los precios internacionales para estas tecnologías.

3.2. CAPEX: PEM Electrolyzer

En la Tabla 4 se mencionan la características Técnico-Económicas en diferentes tipos de electrolizadores, según la Agencia Internacional de la Energía (IEA). En este trabajo, para el análisis se utilizan las características del electrolizador tipo PEM, el cual tiene actualmente, un CAPEX entre 1100-1800 (\$USD/kW).

Tabla 4 Características Técnico-Económicas en diferentes tipos de electrolizadores [7].

	Alkaline electrolyzser			PEM electrolyzser			SOEC electrolyzser		
	Actual	2030	Futuro	Actual	2030	Futuro	Actual	2030	Futuro
Eficiencia Eléctrica (%)	63-70	65-71	70-80	56-60	63-68	67-74	74-81	77-84	77-90
CAPEX (\$USD/kW)	500-1.400	400-850	200-700	1.100-1.800	650-1.500	200-900	2.800-5.600	800-2.800	500-1.000

3.3. Precio Final.

Reemplazando los valores obtenidos en Ecuaciones (4), (5), la columna PEM electrolyzser de Tabla 4 y los datos técnicos de la Figura 6 (tasa de producción de hidrógeno y potencia nominal); la Ecuación (2) resulta:

$$\begin{aligned} &Pr_{HG} \times 21 \frac{\text{kg Hidrógeno}}{h} \times \frac{8.760 h}{\text{año}} \\ &> \frac{1.100 \text{ \$USD}}{2 \text{ kw}} \times 1.250 \text{ kw} + \frac{1,72 \frac{\$USD}{kg} \times 21 \frac{\text{kg Hidrógeno}}{h} \times \frac{8.760 h}{\text{año}}}{2} = \\ &Pr_{HG} > 4,60 \text{ \$USD/kg Hidrógeno} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &Pr_{HG} \times 21 \frac{\text{kg Hidrógeno}}{h} \times \frac{8.760 h}{\text{año}} \\ &> \frac{1.800 \text{ \$USD}}{2 \text{ kw}} \times 1.250 \text{ kw} + \frac{3,45 \frac{\$USD}{kg} \times 21 \frac{\text{kg Hidrógeno}}{h} \times \frac{8.760 h}{\text{año}}}{2} = \\ &Pr_{HG} > 7,84 \text{ \$USD/kg Hidrógeno} \end{aligned} \quad (7)$$

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE MEZCLA GNC + 20% HG V/V EN EL MERCADO NACIONAL.

La aplicación de la mezcla, GNC con HG como combustible alternativo en motores de combustión interna, permite que se utilice la misma tecnología utilizada para el GNC [3]. En ese sentido en [3], se detallan los ensayos y resultados de utilizar este combustible alternativo, con distintos porcentajes de HG y diferentes λ . La información internacional indica que las mezclas de GNC con HG entre 20 al 30% v/v permite lograr resultados convenientes en cuanto a emisiones y consumo [3]. En el plano internacional Ashok Leyland ha desarrollado una gama de motores 'Hythane' para autobuses, en asociación con el Ente de Energía de Australia. Estos motores 'Hythane' son alimentados por un combustible producto de una mezcla de metano e hidrógeno, alcanzando normalmente el volumen de hidrógeno alrededor del 20% v/v [17].

4.1. Precios de las Energías No Renovables

Históricamente Argentina, presenta una evolución de sus precios de combustibles en torno a:

- i- $Pr_N \cong 1,00 \frac{\$USD}{l Nafta}$ (Nafta a Valor Surtidor, Argentina).
- ii- $Pr_{GNC} \cong 0,50 \frac{\$USD}{Nm^3}$ (GNC a Valor Surtidor, Argentina).

En función de datos obtenidos de [18] y el Mercado Argentino.

4.2. Precio de la Mezcla con Gas Natural.

El precio de 1 Nm^3 de la Mezcla GNC con 20% de HG v/v ($\frac{\$USD}{Nm^3}$) se determina en la Ecuación (8)

$$Pr_M = 0,80 Nm^3 GNC \times Pr_{GNC} + 0,20 Nm^3 HG \times f_{cu} \times Pr_{HG} \quad (8)$$

donde Pr_M es el precio de la Mezcla GNC con 20% de HG v/v ($\frac{\$USD}{kg}$), y f_{cu} representa un factor de conversión de unidades.

4.2.1. Basado en el Precio Internacional del Hidrógeno.

Se puede estimar, para Argentina, respecto de 1 kg de HG a $\cong 1,5$ a $6,3 \frac{\$USD}{kg}$ (Ver Sección 2) :

$$\begin{aligned} Pr_M &= 0,80 Nm^3 GNC \times 0,50 \frac{\$USD}{Nm^3} + 0,20 Nm^3 HG \times \frac{1}{11,15} \frac{kg \text{ Hidrógeno}}{Nm^3} \\ &\quad \times 1,50 \frac{\$USD}{kg \text{ Hidrógeno}} = \\ &= 0,43 \$USD, \text{ el } Nm^3 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Pr_M &= 0,80 Nm^3 GNC \times 0,50 \frac{\$USD}{Nm^3} + 0,20 Nm^3 HG \times \frac{1}{11,15} \frac{kg \text{ Hidrógeno}}{Nm^3} \\ &\quad \times 6,30 \frac{\$USD}{kg \text{ Hidrógeno}} = \\ &= 0,51 \$USD, \text{ el } Nm^3 \end{aligned} \quad (10)$$

, de acuerdo a las relaciones formuladas anteriormente, podemos estimar que:

- el precio de 1 Nm^3 de mezcla (GNC con 20% de HG v/v) se encuentra entre 0,43 – 0,51 $\$USD$, el Nm^3 , considerando al HG a precio internacional.

4.2.2. Basado en el Precio Nacional de la Energías Renovables.

Se puede estimar para Argentina, con distintos valores de Energías Renovables, un valor de:

$$\begin{aligned} Pr_M &= 0,80 Nm^3 GNC \times 0,50 \frac{\$USD}{Nm^3} + 0,20 Nm^3 HG \times \frac{1}{11,15} \frac{kg \text{ Hidrógeno}}{Nm^3} \\ &\quad \times 4,60 \frac{\$USD}{kg \text{ Hidrógeno}} = \\ &= 0,48 \$USD, \text{ el } Nm^3 \end{aligned} \quad (11)$$

$$Pr_M = 0,80 Nm^3 GNC \times 0,50 \frac{\$USD}{Nm^3} + 0,20 Nm^3 HG \times \frac{1}{11,15} \frac{kg \text{ Hidrógeno}}{Nm^3} \times 7,84 \frac{\$USD}{kg \text{ Hidrógeno}} = 0,54 \$USD, \text{ el } Nm^3 \quad (12)$$

, de acuerdo a las relaciones formuladas anteriormente, podemos estimar que:

- $1 Nm^3$ de mezcla (GNC con 20% de HG v/v) se encuentra por encima de los $0,48 \$USD$ el Nm^3 , considerando solamente el costo del GNC y a la energía renovable entre $30 \frac{USD}{MW-h}$ y $60 \frac{USD}{MW-h}$, respectivamente) [16].

5. RESULTADOS.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 5 Precios de Referencias. Elaboración Propia.

	HG	GNC con 20% de HG v/v
Precio Internacional USD/kg	1,50 – 6,30	0,43 -0,51
	$\geq \frac{4,60}{(ER \text{ de } 30 \frac{\$USD}{MW-h})}$	$\geq \frac{0,48}{(ER \text{ de } 30 \frac{\$USD}{MW-h})}$
Precio Argentina USD/kg	$\geq \frac{7,84}{(ER \text{ de } 60 \frac{\$USD}{MW-h})}$	$\geq \frac{0,54}{(ER \text{ de } 60 \frac{\$USD}{MW-h})}$

Analizando los datos de la Tabla 5 podemos inferir que, para HG, el electrolizador y la EE impactan en un alto porcentaje en el precio de venta de este combustible alternativo. Para el caso de la mezcla (GNC con 20% de HG v/v), una variación de 50 % del precio de la EE impacta, sobre el precio de venta, en un porcentaje próximo al 10%, además, se mejoran notablemente las emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes, llevándolos a niveles de un dígito [5,14]. Podemos observar que:

- en estas instancias, el elemento de peso en el costo a considerar y reducir es el CAPEX, ya que triplica o cuadruplica el valor del OPEX. Además, el esfuerzo que se debe destinar para mejorar el rendimiento de las tecnologías usadas (ver Tabla 4) y, el precio de la EE Renovables destinado para su operación, es demasiado alto e impacta simplemente en el OPEX.
- Usar mezcla, se presenta como alternativa para desarrollar una economía del hidrógeno, y afianzar la independencia energética.

6. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se puede apreciar los argumentos técnicos-económicos que impulsan la utilización del hidrógeno o el combustible híbrido: GNC con HG, con la ventaja fundamental para este último, de que los motores utilizarán la misma tecnología que para el GNC. Además, se agrega que el HG debe pensarse bajo un concepto de Generación Distribuida, incluyendo conceptos de almacenamiento y disponibilidad de energía local, producción y abastecimiento de gases para uso Industrial y de movilidad sustentable (autos, colectivos, transporte de carga), otros factores que ayudan a interpretar más globalmente sus componentes económico y energético. A lo ya mencionado se le agrega el uso de quemadores industriales a GN con HG, que no solo permitiría reducir los gases de efecto invernadero y los gases contaminantes, sino que mejoran los niveles de producción (alta eficiencia) y disminuyen la improductividad (se reduce el retrabajo).

El programa de abastecimiento de EE a partir de fuentes renovables (Renovar, Argentina), parece ser el lugar indicado para dar a conocer valores económicos de referencia, señal necesaria para futuros entendimientos y acuerdos en materia de desarrollo tecnológico y mercado.

7. REFERENCIAS.

Padró, C.; Putsche, V. (1999). "Survey of the Economics of Hydrogen Technologies". *National Renewable Energy Laboratory*. Colorado, EEUU.

- [2] Cano Ardila, F. (2019). “Análisis Teórico y Experimental de la Combustión de Mezclas de Gas Natural-Hidrógeno bajo régimen de Combustión sin llama”. *Universidad de Antioquia*. Medellín, Colombia.
- [3] Trigubó H; Galante N; Franzi R; Macchello S. (2016). “Utilización del Combustible Híbrido (GNC+H2) en motores de Uso Vehicular”. *Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricación (MTL)*. La Plata, Argentina.
- [4] Rocchi, A. (2019). “Configuración Estable: Energía–H2–Economía = Desarrollo + Tecnología”. *Jornadas de Ciencia y Tecnología 2019, UTN-San Francisco*. Córdoba, Argentina. ISBN 978-950-42-0193-9.
- [5] Hychico. Hychico: Generación de Energía Eléctrica a partir de Fuentes Renovables y producción de Oxígeno e Hidrógeno. [En línea]. Recuperado el día [24 de Junio de 2020], de <http://www.hychico.com/esp/planta-hidrogeno.html>
- [6] IEA. Hydrogen. [En línea]. Recuperado el día [20 de Julio 2020], de <https://www.iea.org/reports/hydrogen>
- [7] Report IEA. (2019). “The Future of Hydrogen, Seizing today’s opportunities”. *G20*. Japón.
- [8] Magallán, G (2017). “Tecnología de Vehículos Eléctricos e Híbridos”. *Jornada de la Ingeniería Electromecánica, UTN-Rafaela*. Rafaela, Argentina.
- [9] Wolf, E. (2016). “SEV Conference 100/2030 Siemens AG - PD LD HY – SILYZER 200 (PEM electrolysis system)”. *Industrie & Energie*. Alemania.
- [10] Pino Priego, Antonio. (2009). “Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.” *Escuela Técnica Superior, Universidad de Sevilla*, España.
- [11] Chemical Desing INC. Hydrogen Deoxo - Drying. [En línea]. Recuperado el día [01 de enero 2020], de <http://www.chemicaldesign.com/systems/hydrogen-deoxo-drying.html>
- [12] Refueling Stations. Hydrogen Europe. [En línea]. Recuperado el día [01 de enero 2020], de <https://hydrogeneurope.eu/refueling-stations>
- [13] Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible. Asociación Española del Hidrógeno. [En línea]. Recuperado el día [01 de enero 2020], de http://www.aeh2.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=41&lang=es
- [14] Bolcich, J. C. (2018). “Hidrógeno y Energías Renovables. Antecedentes y Perspectivas en Argentina”. *Jornada de la Ingeniería Electromecánica, UTN-Rafaela*. Rafaela, Argentina.
- [15] González Pérez, R. (2013). “Fluidos y equipos de gasificación criogénicos: Criogenia”. *Ediciones Díaz de Santos*. Madrid, España.
- [16] Spaltro, S. (2019). El Gobierno espera nuevas inversiones por USD 462 millones en energías renovables. *El Cronista*. [En línea]. [consulta: 01 de enero 2020]. <https://www.cronista.com/economiapolitica/Energias-renovables-sumaran-323-MW-con-la-ronda-3-de-RenovAr-20190716-0047.html>
- [17] NEXOBUS. (2009). Ashok Leyland desarrolla los motores ‘Hythane’, propulsados por una mezcla de hidrógeno y gas natural. [En línea]. Recuperado el día [12 de Julio 2020], de <http://www.nexotrans.com/noticia/20606/NEXOBUS/Ashok-Leyland-desarrolla-los-motores-Hythane-propulsados-por-una-mezcla-de-hidrogeno-y-gas-natural.html>
- [18] Global Petrol Price. [En línea]. Recuperado el día [12 de Julio 2020], de http://es.globalpetrolprices.com/Argentina/diesel_prices/

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a las Facultades Regionales Santa Fe y Rafaela de la UTN por el apoyo a través de proyectos de investigación. A. Rocchi agradece a la UTN por el financiamiento recibido a través de su beca de Doctorado, al Ing Horacio Trigubó, al Dr J. C. Bolcich y al Ing. Bernhard H. Kachellek.

Sistema de iluminación, energía y comunicación fotovoltaico

Mg. Ing. Lucas Damian Herrero

*Universidad de Palermo – Facultad de Ingeniería
informes@palermo.eduherrero@hotmai.com*

RESUMEN

El diseño se basa en generar la conectividad entre una escuela o edificio público que disponga de un servicio de internet y pueda brindar un enlace a aquellos domicilios distantes mediante la conexión punto - multipunto.

Con este sistema no solo logramos transformar una comunidad viendo que los alumnos de grupos rurales, no dejen de estudiar, sino también que se formen y sean individuos pensantes, activos y funcionales para su comunidad, con la

formación educativa podrá mover al mundo, ayudando de esta forma a su grupo familiar y social.

La posibilidad de la comunicación, en poblaciones que no la tienen, genera un altísimo impacto positivo en la educación y seguridad de niñas y mujeres, además de dinamizar el entorno social alrededor de la comunicación, que funcionará automáticamente, sin interruptores, sin cortes; mediante un módem Wifi con antena direccional exterior para conexión punto a punto y un equipo de comunicación VHF tipo Handy con alimentación autónoma.

Esto generará no solo comunicación para emergencias, sino que también un infinito de posibilidades a esas comunidades: educación virtual, desarrollo de contenidos focalizados por sectores, tele-trabajo en las regiones, mayor acceso a la información.

Este trabajo lo realizamos con Litro de Luz Argentina, Ganador del Premio Latinoamerica Verde 2019 - Ciudades Sostenibles.

Palabras Claves: wify, Fotovoltaica, luz, igualdad, oportunidades

ABSTRACT

The design is based on generating connectivity between a school or public building that has an internet service and can provide a link to those distant addresses through the point - multipoint connection.

With this system we are not only able to transform a community by seeing that students from rural groups do not stop studying, but also that they form and become thinking, active and functional individuals for their community, with the

Educational training will be able to move the world, thus helping your family and social group.

The possibility of communication, in populations that do not have it, generates a very high positive impact on the education and safety of girls and women, in addition to stimulating the social environment around communication, which will work automatically, without interruptions, without cuts; by means of a Wifi modem with an external directional antenna for point-to-point connection and a VHF Handy communication equipment with autonomous power supply.

This will generate not only communication for emergencies, but also infinite possibilities for these communities: virtual education, development of content focused on sectors, teleworking in the regions, greater access to information.

We carry out this work with Litro de Luz Argentina, Winner of the 2019 Latin American Green Award - Sustainable Cities.

Keywords: wify, Photovoltaics, light, equality, opportunities

1. INTRODUCCIÓN

Según estudios realizados existen en el mundo 1.300 millones de personas sin acceso a la energía eléctrica. Podemos identificar rápidamente dos motivos principales por los cuales las personas no disponen de la electricidad en sus hogares o vecindarios. Por un lado, las redes eléctricas no abarcan absolutamente todas las regiones del planeta. Y por otro, en ciudades donde la red está disponible, existen comunidades y familias de bajos recursos incapaces de afrontar el alto costo de instalación y servicio de luz eléctrica para sus hogares o vecindarios.

El 98% de los hogares argentinos tiene acceso a los servicios eléctricos, pero aproximadamente 500.000 familias aún carecen de electricidad, localizadas principalmente en áreas rurales aisladas, de difícil acceso y costoso tendido de redes. Las provincias del norte presentan los menores indicadores de acceso a servicios eléctricos: Santiago del Estero posee la menor cobertura, con un 86% de los hogares servidos. Corrientes, Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones y Salta cuentan con tasas de cobertura entre el 90 y el 95%.

Investigadores de la Universidad Nacional de Salta elaboraron un índice de pobreza energética, a partir de información del INDEC, a nivel de departamento. El mismo indica que los niveles más elevados de pobreza energética se ubican en Salta, Formosa, Santiago del Estero, Misiones y Jujuy. La pobreza urbana alcanzaba el 30% de la población en 2016 (el 20% de los hogares), según la Encuesta de la Deuda Social Argentina. Al menos una de cada cuatro personas se halla privada de una vivienda y servicios energéticos adecuados. Esta situación se profundiza en zonas de máxima precariedad y vulnerabilidad, como los asentamientos informales, en los que habitan unas 650.000 familias (casi tres millones de personas), con carencias severas de servicios básicos; la mayoría sin acceso formal a la red eléctrica, ni acceso a redes de gas natural.

La electrificación rural puede tener un impacto directo en la reducción del abandono escolar en los primeros años de educación, muestra un estudio reciente publicado por la división de Energía del BID.

La escolarización está asociada, por otro lado, a la disminución del trabajo infantil y se considera un paso importante en la búsqueda para reducir los ciclos de pobreza de la población rural.

Nuevas evidencias corroboran que la luz mejora el potencial de aprendizaje de los ciudadanos y puede ayudar a reducir el ciclo de pobreza.

Entre las demandas y necesidades del contexto mundial actual se vislumbran: la urgencia de revalorar la condición humana de la persona, fortaleciendo su identidad personal, social y cultural; la necesidad de fomentar una educación en valores, donde la familia y la cultura adquieren una presencia significativa; la importancia de promover la conciencia ambientalista y la utilización de criterios adecuados con los elementos que el desarrollo del conocimiento, la tecnología y la producción pueden ofrecernos.

En este contexto, la educación se convierte en una herramienta fundamental para la formación de las personas a fin de que puedan enfrentar con éxito estos retos; que sean capaces de comprender y enfrentar acertadamente los dilemas, fenómenos y problemas de esta sociedad.

Consecuentemente, es tarea de los sistemas educativos plantear reformas orientadas a la consecución de estos objetivos. Por ello, se hace indispensable planificar y ejecutar una educación de calidad (ODS 4).

Una de las alternativas para responder a estas demandas, es la propuesta contextualizada, sistematizada e instalada de Litro de Luz Argentina, en conjunto con Luz Social de Salta, con un proyecto innovador para una mejor calidad de educativa, formando jóvenes como personas y ciudadanos capaces de construir el bienestar y el desarrollo de su comunidad, logrando una educación de calidad accesible a los jóvenes de menores recursos; fortaleciendo la calidad de aprendizajes.

Es en este marco en que se proponen algunos elementos conceptuales y metodológicos básicos que sirvan de guía para la elaboración y presentación del Proyecto, entendiendo que éstos tienen

como uno de sus principales fundamentos el trabajo en equipo, donde se generan espacios de reflexión conjunta orientados a enriquecer el proyecto en todas sus fases. Con ello, se espera que los alcances de esta estrategia lleguen, en mediano plazo, a instaurar una cultura dinámica y creadora, una cultura de crecimiento permanente dentro de una comunidad.

La innovación como una estrategia de cambio, no solo para los alumnos, sino también para su familia y para una comunidad alejada de las grandes urbes, las cuales podrán exponer al mundo, su cultura, sus productos y poder fortalecer sus conocimientos tecnológicos, en el manejo de materias primas y produciendo un producto final que le dejará mejores ingresos económicos, lo que servirá para mejorar la calidad de vida.

2. FUNDAMENTO

El acceso a la energía es suficiente para iniciar cualquier emprendimiento. La experiencia demuestra que la principal demanda de energía de las personas en situación de pobreza está dirigida a dos rubros: calentamiento de agua y cocción de alimentos e iluminación.

Una buena conectividad rural posibilitará el acceso a información actualizada, otorgando a la familia y a la comunidad una mayor eficiencia a la logística y mejorando la productividad. Además, permitirá la conexión de equipamiento rural, propiciará la creación y uso de aplicaciones rurales - agrícolas, por ejemplo: Invernaderos y riego inteligente; Monitoreo de cultivos, Monitoreo de suelos y animales; logística y maquinaria.

Transformar la materia prima en un producto elaborado, pudiendo incrementar los ingresos familiares, dando a conocer por medio de un mercado virtual los trabajos realizados en la comunidad, buscando consolidarse en la venta de sus productos, y en el desarrollo del turismo rural local, mejorando de esta forma la calidad de vida e incrementando ingresos genuinos y puestos de trabajo, para toda la comunidad.

Ampliar considerablemente la electrificación rural y la energía renovable mediante el uso de mejores prácticas y medidas de sensibilidad ambiental, reduciendo de esta manera aún más la pobreza y aumentando las oportunidades en comunidades que luchan por salir adelante.

Además, se espera que el acceso a servicios de energía eficiente y sostenible mejore la calidad de vida de los beneficiarios del proyecto. Hasta ahora, los principales beneficios sociales y económicos incluyen:

- El mejoramiento de los servicios públicos, como acceso a recursos educativos e infraestructura sanitaria desde lugares aislados.
- El acceso mejorado y más barato a comunicaciones.
- Una mayor productividad y seguridad gracias al alumbrado público durante la noche.

Sin embargo, se prevé que el acceso a internet genere el mayor impacto, con beneficios que incluyen:

- Un efecto exponencial en la comunicación y la educación.
- El desarrollo de usos productivos, permitiendo a los beneficiarios obtener acceso completo a todos los programas locales y federales de fomento del espíritu empresarial.
- En un futuro más alejado, la comunidad se beneficiaría, presentado un plan para instalar un servicio de tratamiento de aguas. Esta instalación debería fomentar el uso sostenible de recursos y generar oportunidades de empleo.

3. TECNOLOGIA

El módulo Energía Sustentable que consta de:

- 1 Panel de entre 30 a 75W policristalino
- 1 Regulador de carga 10 A
- 1 Batería 45Ah o también 12v7Ah
- 1 Inversor de 12V a 220V - 300W Onda Modificada con USB (Opcional)
- Todos los cables y bornes para su conexión.
- Soporte de aluminio para el panel adaptable a cualquier superficie.



Figura 1 *Kit Tipo de solución*

Estas luminarias son de rápida instalación, no solo para intervenciones puntuales en barrios o comunidades rurales, sino también para dar iluminación en casos de emergencias donde el barrio queda sin corriente eléctrica. En simultáneo, llevamos adelante programas de salud, higiene y sanidad, ya que cuando llevamos luz dentro de las casas, tenemos una fuerte interacción con el núcleo familiar, lo que nos genera una gran oportunidad para capacitar sobre estos temas.

Estas tienen el 100% de las piezas reemplazables. La alimentación del sistema utilizará baterías de plomo ácido (cuyo valor van desde los u\$s 20 a 50, que durarán entre 2 y 3 años. Viene con un panel solar de 30 vatios y puede soportar fuertes vientos, y luminarias de exterior de 12 v. Todos estos elementos, se pueden conseguir en cualquier lugar del mundo, de allí la versatilidad de este sistema.

A su vez estos sistemas, al dar energía de 12 v, pueden ser usados para dar energía teléfonos celulares, radios UHF y VHF, y demás electrónicos. Generando así posibilidad de comunicación en caso de cortes de suministro o consecuencias de fenómenos naturales. Esto conlleva a que a las personas de las comunidades no solo aprendan como son los sistemas de generación de energía, el riesgo eléctrico (ya que estos sistemas reemplazan las conexiones eléctricas clandestinas que generan incendios), y lo referido a infraestructura eléctrica, sino también se genera en ellos más fortaleza en el conocimiento.



Figura 2 *Kit Tipo de solución instalado*

En cuanto a las ventajas de este proyecto respecto al medio ambiente y a la comunidad, serian varios puntos a tener en cuenta: el primero es que se genera energía con cero emisiones de CO₂. El segundo es que estas luminarias solares tienen la particularidad de en caso de corte en el suministro eléctrico (si es que existiera) las mismas seguirán funcionando, generando seguridad en caso de un corte provocado por un fenómeno natural, como las inundaciones que cada vez son más comunes consecuencia del cambio climático que estamos viviendo. El tercero es que al capacitar a la población sobre sanidad, higiene y salud tendrán una mayor conciencia y contarán con conocimientos para las consecuencias de los efectos del cambio climático, como ser inundaciones, brotes de enfermedades que antes no había en la zona, etc.

Uno de los factores que más debemos influir en la comunidad, es en trabajar en la inclusión y el desarrollo. Una gran problemática es que muchas veces chicos no pueden estudiar de noche en sus casas por falta de iluminación, lo cual es un factor clave para el estudio, junto con la nutrición y el clima y confort. Este proyecto no solo mejora la calidad de vida de los beneficiarios, sino que también ahonda en las razones sociales y ambientales que nos llevan a realizarlos, como la importancia y el impacto en el día a día de las personas y la importancia de la reutilización y el reciclado. Por lo tanto, mientras los beneficiarios tienen luz las 24 hs del día, nosotros trabajaremos en la continua repetición y mejora de las soluciones para replicarla donde se lo desee.

Si bien es un proyecto único, lo innovador es que se diseña todo en base al barrio y a las casas, tomando en cuenta las costumbres y necesidades del mismo, los materiales, la disposición del lugar, y todo factor que se crea importante tomar en cuenta en conjunto entre los referentes del barrio y el equipo de implementación del proyecto.



Figura 3 Kit Tipo de solución siendo fabricado por voluntarios

En resumen, en Litro de Luz nos comprometimos a proporcionar luz solar asequible y sostenible a personas con acceso limitado o nulo a la electricidad. Si bien somos un movimiento mundial, los voluntarios de LDL Argentina enseñan a las comunidades y a los voluntarios de distintas índoles cómo usar botellas de plástico recicladas y materiales de origen local para iluminar sus hogares, negocios y calles.

Si tomamos en cuenta los beneficios particulares por cada luminaria pública, se dejan de emitir 200 kg de CO₂ al año. Se elimina la iluminación con braseros dentro de las casas, el derrame y recambio de Gas Oil o aceite de los generadores, es decir que también se genera un ahorro de recursos. Se evitan Incendios por conexiones eléctricas precarias y clandestinas.

Se eliminan Baterías e inverter de corriente alterna reemplazándolas con baterías chicas de CC. (Solo se instalan en casos puntuales) Iluminación en casos de emergencias en las cuales el barrio quedo sin corriente eléctrica y permanece aislado del suministro eléctrico en caso de fenómeno natural.

Otro gran beneficio a tener en cuenta es el opcional equipo de comunicación VHF tipo Handy con alimentación autónoma y carga por kit fotovoltaico. Que en futuro serviría para conectarse a una

BBS sobre protocolo AX25 lo que posibilitaría enlazar a una biblioteca virtual vía radio, sin necesidad de tener internet. También comunicar con servicios de emergencia y/o de seguridad.



Figura 4 Prototipos con sistema VHF

4. CONCLUSIÓN

Tomando como antecedentes todo el trabajo realizado por Litro de Luz Argentina, llegamos a la conclusión en este trabajo es el impacto trascendental, permitirá transformar una comunidad, dar la capacidad para que los alumnos de grupos rurales, no dejen de estudiar, que se formen y sean individuos pensantes, activos y funcionales para su comunidad, con la formación educativa podrá mover al mundo, ayudando de esta forma a su grupo familiar y social.

La luz, en poblaciones que no la tienen, genera un altísimo impacto positivo en la seguridad de niñas y mujeres, además de dinamizar el entorno social alrededor de la luz, que funciona automáticamente, sin interruptores, sin cortes; mediante una antena wi-fi, abrir un panel infinito de posibilidades a esas comunidades: educación virtual, desarrollo de contenidos focalizados por sectores, tele- trabajo en las regiones, mayor acceso a la información.

Nota: Al momento de la realización del trabajo, quien lo realiza, Lucas Damián Herrero, es fundador y Director de Litro de Luz Argentina. Los productos y la tecnología son propiedad de Litro de Luz Argentina, bajo la LEY 11.723 - REGIMEN LEGAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.

4. REFERENCIAS.

- [1] www.proyectoluz.com
- [2] <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/energia-electrica/estadisticas/informes-estadisticos-del-sector-electrico>
- [3] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC, 2 julio 2010. <http://www.indec.gov.ar>.
- [4] G. Rabinovich, "Rápida evaluación y análisis de los objetivos del Proyecto Energía Sustentable para Todos en el sector energético de la República Argentina", PNUD BID, Buenos Aires, 2013.
- [5] G. Velázquez y G. Mesaros, "Geografía y calidad de vida en argentina", Ciencia Hoy, vol. 24. N° 143, pp. 27-31, 2015.
- [6] R. Durán y M. Condori, "Índice multidimensional de pobreza energético para Argentina: su definición, evaluación y resultados al nivel de departamentos para el año 2010", Avances en energías renovables y medio ambiente, vol. 20, pp. 21-32, 2016.
- [7] INDEC, "Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010", INDEC Argentina, 2010. http://www.indec.gov.ar/censos_total_paisasp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&t=0&s=0&c=2010.
- [8] Observatorio de la Deuda Social Argentina UCA, <http://www.uca.edu.ar>, 15 junio 2017.: <http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo68/files/2017-ObservatorioInforme-Eradicacion-Pobreza-Prensa.pdf>].
- [9] TECHO, "TECHO Argentina", 3 julio 2017. [En línea]. Available: <http://www.techo.org.ar>. [Último acceso: 3 julio 2017].
- [10] UNICEF La Educación en Cifras Unicef – Cuadro N° 18 – Pag 20
- [11] LEY 11.723 - REGIMEN LEGAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL.

Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas

Gutierrez, Julieta (1° Autor) ^{(1)*}; Lucioni, Juan Ignacio; Juárez, María del Pilar; Eliggi, Gianfranco; Posadas de la Piedra, Santiago

Instituto Tecnológico de Buenos Aires, ITBA, Av. Eduardo Madero 399, C1106 ACD, Buenos Aires, Argentina

⁽¹⁾ *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Godoy Cruz 2390. C1425FQD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es el estudio de métodos alternativos en la producción de algunos componentes de ciertos reguladores industriales de gas, y el posterior análisis técnico de su viabilidad y rentabilidad. En particular, se estudia la impresión 3D como método de manufactura aditiva como alternativa no convencional para la fabricación de estas piezas teniendo en cuenta el diseño, las máquinas y materiales poliméricos a utilizar. En primer lugar, se determinaron los criterios de selección de materiales y los ensayos requeridos para caracterizar sus propiedades mecánicas. Adicionalmente, se evaluaron métodos de impresión y de post procesamiento para asegurar que la pieza fabricada por impresión 3D soportará los esfuerzos combinados a los que se encuentra sometida en operación normal, manteniendo las propiedades de rugosidad y hermeticidad necesarias para su correcto funcionamiento.

En una segunda etapa se analiza la implementación de este cambio en el proceso productivo de la fabricación de los reguladores, considerando cuestiones operativas y logísticas, como así también económicas, con el fin de determinar la factibilidad y los beneficios que otorga dicha modificación e inclusive la posibilidad de extender la utilización de esta metodología de fabricación a otras industrias.

La pandemia de Covid-19 impidió la posibilidad de hacer impresiones de prueba de las piezas propuestas y los correspondientes estudios mecánicos para determinar con certeza si es factible la utilización de manufactura aditiva como método de producción. De esta manera, el presente estudio busca establecer un punto de partida para un posterior análisis mecánico de las piezas y la determinación de las ventajas y limitaciones que puede tener una pieza producida por manufactura aditiva.

Palabras clave: reguladores de gas; impresión 3D; esfuerzos combinados; materiales poliméricos; ensayo de materiales.

ABSTRACT

The aim of this research is to study alternative manufacturing processes for certain components of industrial gas regulators including a feasibility and rentability analysis. In particular, additive manufacturing will be studied as a non-conventional substitute to traditional component manufacturing, taking into account the component's design, the apparatus and polymeric materials to be used. Firstly, materials selection criteria and characterization tests were determined.

Additionally, evaluation of 3D printing methodologies and postproduction processes were conducted to assure that the 3D printed component will withstand the combined loads at which it will be exposed during normal operation. Also, the surface roughness requirements were considered when analyzing the material and the 3D printing method.

In second place, an analysis of the impact of this change in the productive line and the gas regulator production will be conducted. Operative, logistic and economic issues will be contemplated to determine the feasibility and benefits of the modification of the process and the implementation of additive manufacturing in other industries.

The Covid-19 pandemic prevented the possibility of making 3D prints to test the proposed parts and the corresponding mechanical studies to determine with certainty if the use of additive manufacturing as a production method is feasible. In this way, the present study seeks to establish a starting point for a subsequent mechanical analysis of the parts and the determination of the advantages and limitations that a part produced by additive manufacturing may have.

Keywords: gas regulators; 3D printing; combined forces; polymeric materials; materials testing

Gestión y aprovechamiento energético de RSU por medio de procesos termoquímicos

Mendez, H. S.; Zamora Rueda, G. H.; Feijóo, E. A.

*Facultad de Ingeniería, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino.
CP 4177*

horacio.mendez@unsta.edu.ar - gimena.zamora@unsta.edu.ar - enrique.feijoo@unsta.edu.ar

RESUMEN.

La generación y gestión de RSU es una problemática presente, y en constante crecimiento que afecta a toda la sociedad. Esto es fácilmente evidenciable con la presencia de basurales a cielo abierto sin control alguno y el crecimiento de centros transferencia y deposición final. La elevada tasa de generación del RSU se vio favorecida por el crecimiento demográfico, la urbanización y las economías de consumo. Según recientes investigaciones realizadas por profesionales del Observatorio de Fenómenos Urbanos y Territoriales (OFUT) de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), en el 2018 se detectaron 480 basurales clandestinos distribuidos en municipios y en comunas que conforman el Gran San Miguel de Tucumán (Argentina). La planta de Overo Pozo recibe mensualmente 26.000 [tn] de desperdicios, de la capital y de los municipios y comunas que la rodean. Esta cantidad podría organizarse en unos 20 millones de bolsas de residuos, de 1,3 [kg] cada una. La producción de residuos es despareja entre los municipios metropolitanos. Algunas municipalidades generan hasta seis veces más basura que otras.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento del aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos por medio de procesos termoquímicos, como vía de eliminación de residuos, generación de energía y obtención de productos químicos, considerando la situación específica de la provincia de Tucumán

Palabras Claves: residuos, energía, caracterización

ABSTRACT

The generation and management of MSW is a current problem, and in constant growth that affects the entire society. This is easily evident with the presence of open dumps without any control and the growth of transfer centers and final deposition. The high rate of generation of MSW was favored by population growth, urbanization and consumer economies. According to recent investigations carried out by professionals from the Observatory of Urban and Territorial Phenomena (OFUT) of the Faculty of Architecture of the National University of Tucumán (UNT), in 2018 480 clandestine garbage dumps were detected distributed in municipalities and in communes that make up the Greater San Miguel de Tucumán (Argentina). The Overo Pozo plant receives 26,000 [tn] of waste monthly, from the capital and from the municipalities and communes that surround it. This amount could be organized into some 20 million waste bags, 1.3 [kg] each. Waste production is uneven among metropolitan municipalities. Some municipalities generate up to six times more garbage than others.

The objective of this work is to deepen the knowledge of the energy use of Urban Solid Waste through thermochemical processes, as a way of eliminating waste, generating energy and obtaining chemical products, considering the specific situation of the province of Tucumán

Keywords: waste, energy, characterization

1. INTRODUCCIÓN

La cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) que generan (directa o indirectamente) los habitantes de un área refleja las condiciones de producción y consumo de la sociedad. Los residuos repercuten a largo plazo en la salud humana y el ambiente.

Para el caso de Tucumán, la generación de RSU resulta despareja entre los municipios metropolitanos de la provincia. Algunas municipalidades generan hasta seis veces más basura que otras. En promedio, en Yerba Buena, se producen aproximadamente 46 [kg/persona mes] de residuos (es decir 1,5 [kg/ persona día]), en San Miguel se generan 31 [kg/persona mes], en Alderetes se producen 6 [kg/persona mes] y en Las Talitas 15 [kg/persona mes].

En abril de 2009, se sancionó en Tucumán la Ley Provincial N° 8.177, sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que tiene por objeto regular el tratamiento y disposición final de los RSU de todas las localidades de la provincia. Esta ley no define expresamente los métodos de tratamiento y/o disposición final permitidos, solo exige que el método elegido prevea y minimice los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.

Considerando la problemática relacionada con la generación de RSU y la creciente demanda energética, actualmente se evalúan alternativas que permitan realizar un aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos mediante tecnologías de recuperación de la energía latente de los mismos. En éste contexto, a los procesos de recuperación se los puede dividir en dos grupos: Conversión Biológica y Conversión Térmica.

- Conversión Biológica: este proceso es efectuado por bacterias mediante la digestión anaerobia, donde la fracción orgánica de los residuos se descompone de manera natural en ausencia de aire. Este proceso ocurre en rellenos sanitarios (algunos controlados y otros no) donde se genera una mezcla de gases, conocida como biogás, cuyos dos componentes principales son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) [1].

- Conversión termoquímica: el proceso térmico consiste en la conversión de los RSU en productos combustibles en estado gaseoso, líquido y sólido, mediante reacciones químicas a elevadas temperaturas. La conversión termoquímica de los residuos puede darse de tres formas diferentes: combustión, gasificación y pirólisis. En la combustión y en la gasificación la reacción química que se produce es exotérmica, lo que significa que se libera energía directamente. Sin embargo, en el caso de la gasificación se obtiene un producto gaseoso con un poder calorífico remanente que luego podrá ser aprovechado en una combustión posterior. En la pirólisis, la reacción es endotérmica, y se obtienen subproductos como gas y aceite pirolítico cuyos poderes caloríficos también puede aprovecharse en una combustión posterior [2].

Si analizamos el tratamiento de los residuos mediante rellenos sanitarios (landfill), nos encontramos con que las características climáticas, la topografía, el nivel freático, los vientos, la sismicidad y el tipo y condición del suelo afectan el diseño, operatividad y funcionamiento de las plantas de deposición final [3]. Mientras que la producción de biogás se ve notablemente influenciada por la composición de los residuos, el tamaño de las partículas, la temperatura, humedad, ph, nutrientes y edad de los residuos [4]. Los gases obtenidos del proceso suelen estar compuesto por 50-60 (%) de CH_4 , 40-55 (%) de CO_2 y otros gases (nitrógeno, amoníaco, oxígeno, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, argón) [5].

La conversión del biogás para la generación de energía, puede ser mediante, su uso en motores de combustión interna, turbinas, microturbinas, uso como combustible directo (empleo en calderas, secadoras, hornos, etc.) y en la cogeneración [6,7] (generación de energía mediante el ciclo Clausius Rankine y aprovechamiento del vapor de escape en procesos de calefacción). Para todos estos procesos se exige la limpieza y depuración del gas a fin de evitar posibles daños en el sistema mecánico de generación.

En lo referido a la termovalorización de los residuos podemos destacar que en las últimas décadas, la mayoría de los países industrializados y las ciudades densamente pobladas han empleado la incineración como procedimiento, alternativo al vertedero controlado, para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. La utilización de esta tecnología permite reducir en gran medida el peso (75%) y el volumen (90%) de los residuos a tratar, y, además, obtener energía [8]. Su aplicación se debió fundamentalmente debido a la escasez de lugares para la instalación de vertederos en las proximidades de los centros urbanos.

Actualmente la incineración debe contemplarse como una de los posibles elementos que configuran los sistemas de gestión integrada de los residuos sólidos. En estos sistemas debe procederse a la reducción de la generación de residuos, a la recuperación de los materiales reciclables y finalmente al tratamiento y eliminación de los residuos inevitables y no reciclables [9]. Los incineradores a gran escala más usados para procesar los RSU, suelen ser calderas de parrilla móvil bajo regímenes de combustión directa, las cuales operan con aire primario (superior al estequiométrico), y aire secundario para garantizar la oxidación del material sólido carbonoso, alcanzándose temperaturas en rondan los 1.500 [K] [10].

Diversos investigadores confían en la incineración y la consideran como la solución más ventajosa [11], incluso desde el punto de vista ambiental [12, 13, 14].

Argentina no ha sido ajena a la idea de termovalorizar sus residuos sólidos urbanos, específicamente la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), donde desde el año 2005 se aprobó una ley para la gestión integral de los mismos, denominada “basura cero”, siendo una normativa optimista y ambiciosa en términos de reducción de la cantidad de residuos generados, promoviendo la separación selectiva, pero rechazando cualquier tipo de incineración. A raíz de esto último, en el año 2018 se aprobó la modificación de la misma por el gobierno porteño, sancionando a su vez el proyecto para instalar inicialmente tres plantas de termovalorización ubicadas en sectores de bajo poder adquisitivo o “villas” dentro de la capital [15].

A diferencia de la incineración, la gasificación consiste en un proceso endotérmico de oxidación parcial de las sustancias orgánicas a elevadas temperaturas (500-1800 [°C]) cuyo resultado es un gas de síntesis o syngas que puede ser empleado como materia prima en la industria química o como combustible para una producción eficiente de electricidad o calor [17]. Su aplicación en el tratamiento de los residuos sólidos se encuentra aún en etapa de investigación y desarrollo que abarca desde la modificación de los sistemas tradicionales basados en combustión mediante una condición sub-estequiométrica orientada a la reducción del aire primario entre un 50 y 60 (%) [18] hasta el desarrollo de reactores específicos para la aplicación. Los reactores de lecho fijo son los que más han avanzado a nivel comercial, debido a las ventajas que presentan en cuanto a flexibilidad y homogeneidad en la producción a gran escala [19].

Es importante destacar que, en el proceso de gasificación el alto contenido de humedad de la materia orgánica genera un efecto adverso sobre el proceso de conversión a gas del RSU, puesto que el poder calorífico, la temperatura y las eficiencias tanto energéticas como exergéticas se ven notablemente afectadas por la variable humedad [20]. Esto nos lleva a establecer la necesidad de un pretratamiento de los residuos que serán introducidos en el gasificador.

Actualmente existen otras tecnologías de gasificación que se encuentran en proceso de investigación, como ser, la gasificación por plasma (plasma generado a partir de energía eléctrica) y la gasificación solar (aprovechando la generación de vapor a partir de la radiación solar o bien aplicada directamente sobre el sistema) [21].

Recientemente la firma WEG, en Brasil, presentó plantas modulares de gasificación de residuos sólidos, las cuales están proyectadas para generar entre de 2,5 [MW] o 5,0 [MW], con la posibilidad de ampliación a potencias mayores [22].

Con respecto a la pirólisis, la misma ha sido considerada, junto con la incineración, una alternativa atractiva para el tratamiento de desechos, dado que éstas técnicas proveen una reducción significativa del volumen [23].

La pirolización es aplicable en residuos con elevado contenido de material inorgánico y al igual que la gasificación es un proceso endotérmico que consiste en una conversión termoquímica anaeróbica, la cual se genera en rangos de temperaturas entre 500 y 800 [°C] [24].

Las ventajas del proceso de pirólisis en el tratamiento de residuos son: la no volatilización de los metales pesados (pasan al residuo carbonoso), la muy baja emisión de partículas, la reducción significativa en la formación de dioxinas y furanos y la gran versatilidad del sistema que permite tanto el tratamiento de residuos urbanos como residuos industriales, mientras que el principal inconveniente observado es la difícil reutilización del residuo carbonoso, el cual debe ser enfriado rápidamente para evitar su inflamación espontánea [25].

De los distintos procesos analizados, el más aceptado para el tratamiento de los RSU es el de rellenos sanitarios, por ser la tecnología más difundida. Pero éste pensamiento a nivel mundial está cambiando por los inconvenientes presentados por esta tecnología (lixiviaciones que pueden afectar el suelo y napas freáticas, requerimientos de grandes superficies, contaminación visual, malos olores, etc.).

Si bien las tendencias se orientan a la incineración de los RSU, el uso de tecnologías alternativas como la gasificación y la pirolización son una opción interesante a evaluar en los procesos de tratamiento termoquímicos, no solo por la reducción de los volúmenes de RSU sino también por el potencial energético y químico disponible de los productos resultantes de éstos procesos.

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RSU

La composición de los RSU es determinante en la selección de los métodos de tratamiento más adecuados. Puesto que la humedad, el contenido de inertes y el poder calorífico de los materiales componentes establecerá la conveniencia en el uso de uno u otro sistema.

Por ejemplo, si consideramos algunas de las propiedades indicadas podemos observar:

- Para un contenido de humedad del RSU mayor al 60 [%] [26], el tratamiento más adecuado corresponde al de conversión biológica. Mientras que para valores menores al indicado es conveniente el uso los tratamientos termoquímicos.
- Considerando el contenido de inertes, un bajo contenido de éstos nos lleva a establecer la conveniencia del uso de la gasificación o incineración (ver Figura 1) sobre la pirólisis.

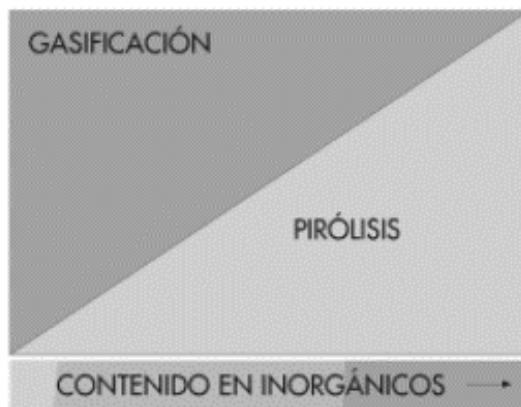


Figura 1. Los límites de la pirólisis [25]

Los tipos, características y volúmenes de residuos generados dependen fundamentalmente de la población, de las condiciones geográficas, condiciones climáticas y de los niveles socioeconómicos. Para poder evaluar el sistema de tratamiento más adecuado vamos a considerar los residuos caracterizados para el gran San Miguel de Tucumán (conglomerado urbano que contempla la ciudad de San Miguel de Tucumán, de Yerba Buena y algunas localidades de Tafí Viejo, Cruz Alta y Lules). La composición del RSU obtenida por [3] para algunas localidades del conglomerado indicado fueron las siguientes:

Tabla 1. Caracterización de los RSU [3]

Items	Fracción	Las Talitas	Banda del Río Salí	Tafí Viejo	Alderetes
1	Orgánicos	53,44%	51,79%	56,62%	60,98%
2	Papel	6,84%	8,66%	4,92%	2,61%
3	Cartón	3,75%	5,58%	4,12%	3,59%
4	Tetrapack	1,07%	1,13%	1,30%	0,98%
5	Plásticos varios	1,82%	2,46%	2,48%	1,96%
6	Bolsas plásticos	13,00%	9,07%	10,55%	9,42%
7	Plásticos PET	2,55%	1,64%	1,93%	1,91%
8	Pañales descartables	6,30%	9,12%	10,05%	11,05%
9	Trapos	5,63%	2,51%	2,14%	2,61%
10	Telgopor y goma espuma	0,36%	0,15%	0,21%	0,37%
11	Vidrios	2,06%	3,94%	2,48%	1,77%
12	Hojalata y ferrosos	1,43%	1,43%	1,51%	0,93%
13	Aluminio	0,49%	0,51%	0,50%	0,28%
14	Calzado y goma	1,21%	1,79%	0,80%	0,75%
15	Patológicos y peligrosos	0,04%	0,20%	0,38%	0,79%

A partir de ésta tabla se puede observar, que aproximadamente el 55,71 [%] de los residuos son de tipo orgánico, y por lo tanto se pueden emplear como materia prima para la obtención de biogás a partir de la conversión biológica.

Con respecto al volumen de residuos restantes y considerando la clasificación y el análisis inmediato propuesto por [27], las características energéticas globales de la fracción de RSU disponible para tratamiento termoquímico (aproximadamente 42,52 [%]) es la siguiente:

Tabla 2. Caracterización energética del RSU disponibles

Material	Humedad [%]	Cenizas [%]	Volátiles [%]	Carbono fijo [%]	Hs [kJ/kg]
RSU p/ tratamiento termoquímico	4,37	2,41	78,42	19,18	22224,90

3. PLANTAS DE TERMOVALORIZACIÓN DE RSU

3.1. Plantas de tratamiento de conversión biológica

El biogás obtenido del proceso de descomposición anaerobia de los residuos orgánicos por medio de bacterias metanogénicas, está compuesto de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) como los más representativos pero también se pueden encontrar pequeñas cantidades de amoníaco (NH₃), hidrógeno (H₂), nitrógeno (N₂) oxígeno (O₂) y ácido sulfhídrico (H₂S) [28].

Al no disponer de datos referidos al poder calorífico del biogás obtenido en vertedero de Overa Pozo y considerando que en promedio el gas generado presenta un 60 [%] de metano de la composición total, se considerará el valor de poder calorífico inferior propuesto por [29] para la ciudad de Pereira (Colombia) que corresponde a $H_i = 21507,64 \text{ [kJ/Nm}^3\text{]}$, lo cual nos indica el elevado potencial energético disponible por éste gas.

El biogás a emplearse para cualquier aplicación debe ser previamente tratado. Partiendo en primera instancia de lo que se conoce como tratamiento primario (que consiste en la eliminación del material particulado y humedad) para emplearse directamente en calderas y que permite obtener un gas de grado bajo de energía, o bien, efectuarse un tratamiento secundario (consistente en la eliminación de compuestos ácidos y orgánicos que pueden dañar los equipos debido a los efectos de corrosión) que se suele conocer como gas de medio grado de energía. Para el caso, de distribución se suele emplear un biogás de alto grado de energía, el cual consiste en la separación del dióxido de carbono y otros gases del metano [4].

Los distintos sistemas existentes para el aprovechamiento energético del biogás de vertedero y su nivel de tratamiento pueden observarse en Figura 2.

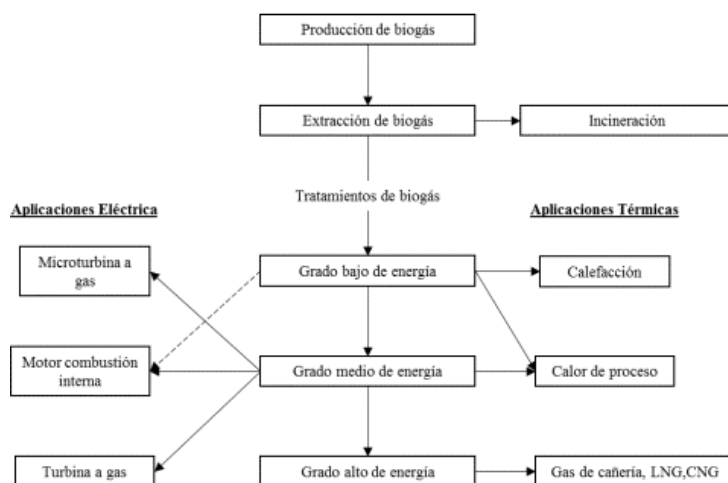


Figura 2. Usos del biogás según tipos de tratamientos [4]

El esquema de una planta tipo empleada en el aprovechamiento del biogás obtenido en vertederos es la que se muestra en Figura 3.

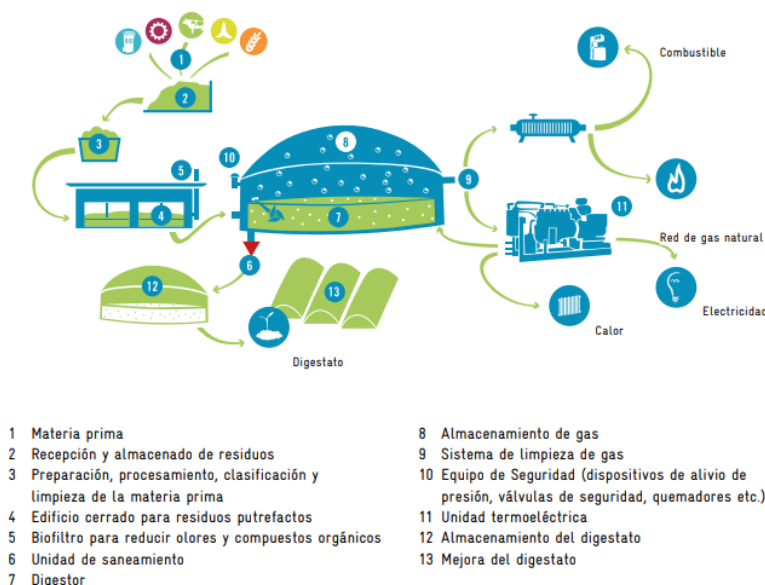


Figura 3. Componentes de una planta de digestión anaerobia y usos del biogás [30]

A nivel mundial éste modelo de valorización energética tuvo aceptación con plantas de generación actualmente en servicio en países como Chile, Brazil, Estados Unidos, Grecia entre otros.

El sistema más empleado para la generación de energía eléctrica, mediante el uso del syngas del RSU como combustible, está orientado al uso de motores de combustión interna sobre las turbinas de gas. Esto se fundamenta en el hecho, que el rendimiento térmico en los sistemas de generación

eléctrica con motores de combustión interna suele variar entre el 30 y 40 [%], mientras que para el caso de las turbinas de gas el rendimiento varía entre el 20 y 28 [%] (trabajando a plena carga) [7].

3.2 Planta de tratamiento mediante incineración

Las plantas de incineración son ampliamente usadas a nivel mundial como solución alternativa al empleo del vertedero en el tratamiento de RSU, permitiendo obtener una importante reducción de los volúmenes de RSU.

La configuración general, que presentan estas plantas, puede observarse en Figura 4.

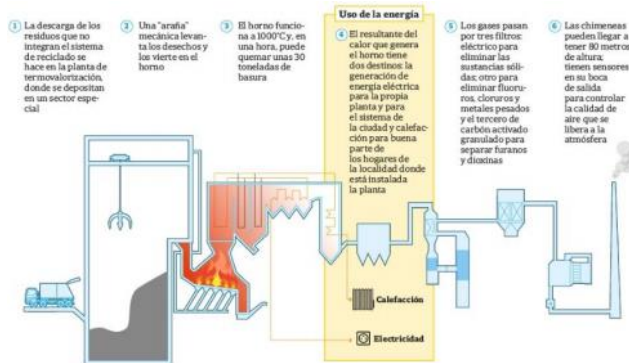


Figura 4. Proceso de incineración de residuos [15]

Entre los países que adoptaron éste sistema de aprovechamiento energético del RSU podemos destacar a Francia, Países Bajos, Austria, Noruega, Suecia y Japón entre otros.

Algunos aspectos a considerar en ésta tecnología son: el elevado costo de la tecnología (entre un 35 y 50 [%] más cara que un relleno sanitario), la generación y posible emisión de gases contaminantes (dioxinas y furanos) y el bajo rendimiento que presenta el sistema (el cual ronda entre el 15 y 30 [%]) [31].

Es importante aclarar que el bajo rendimiento térmico del sistema está relacionado con la carga orgánica presente en los residuos [15], problema que se podría solucionar con una separación selectiva de los mismos.

3.3 Planta de tratamiento mediante gasificación

Atendiendo a las características de los residuos que pueden emplearse para el tratamiento termoquímico, una alternativa viable sería el uso del proceso de gasificación.

En la actualidad, un sistema que podría ser empleado para el proceso de gasificación corresponde al sistema BOS (batch waste gasification). El sistema cuenta con una cámara primaria donde se realiza el proceso en batch y una cámara secundaria que funciona de manera continua y es donde se realiza la combustión del syngas. A partir de aquí, la entalpía de los gases a la salida de la cámara de combustión puede aprovecharse mediante el uso de un sistema ORC (Ciclo Rankine Orgánico) [2].

En la Figura 5 puede observarse el sistema BOS empleado en la generación de energía eléctrica.

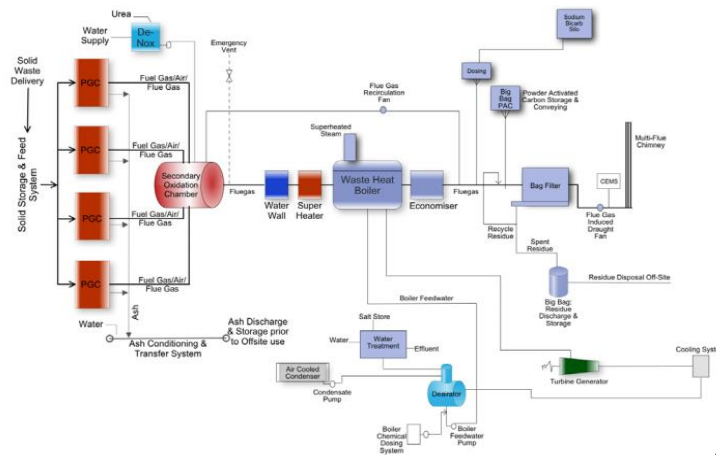


Figura 5. Sistema BOS para tratamiento de RSU y generación de energía eléctrica [32]

Es importante destacar que estos sistemas son del tipo modular pudiendo tratar entre 1 [tn/día] y 180 [tn/día] y por ello son recomendados para conglomerados urbanos reducidos [32].

El rendimiento total del sistema para la conversión de la energía térmica del RSU en energía eléctrica es de aproximadamente el 30 [%] [2].

Entre los países que trabajan y proponen el uso de la gasificación del RSU podemos destacar a Canadá, China, España, Brazil entre otros.

3.3 Planta de tratamiento mediante pirólisis

Para el tratamiento termoquímico por pirólisis se presentan distintas tecnologías (por ejemplo; PKA, Von Roll, MES y Compact Power) desarrolladas por países como Alemania, Japón, Reino Unido [27].

Las cantidades de RSU que se pueden tratar varían entre 12 [tn/día] y 192 [tn/día] dependiendo del sistema adoptado.

La Figura 6 muestra los componentes de un sistema de pirólisis empleado en la generación de energía eléctrica.

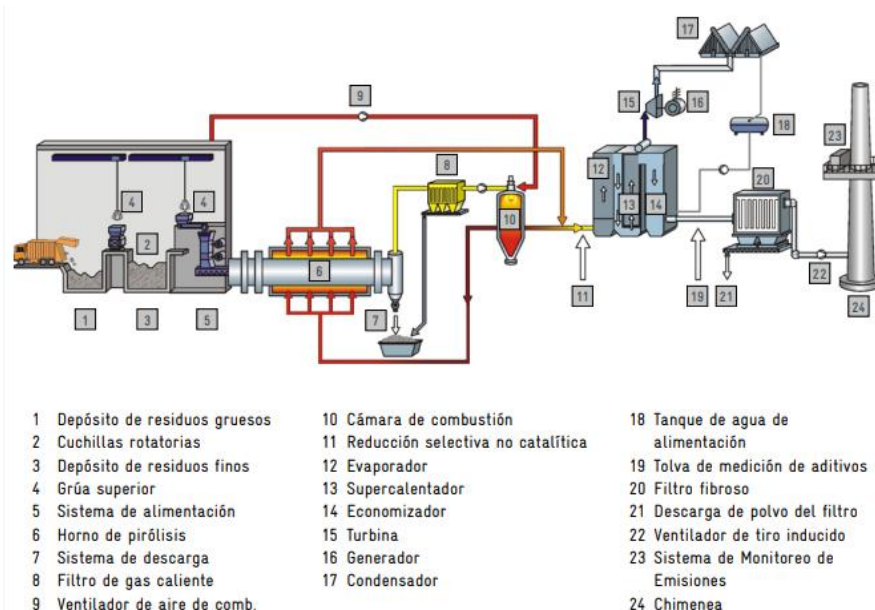


Figura 6. Planta de pirólisis para la generación de energía eléctrica [29]

El rendimiento presente en estos sistemas puede variar entre el 10 [%] y el 60 [%] [25].

3.4 Capacidad de generación según las distintas tecnologías aplicadas.

A partir de adoptar una generación de RSU igual 312000 [tn/año] [34], y considerando los porcentajes de materia orgánica adecuada para el tratamiento por digestión anaerobia, como así también, el de residuos adecuados para la termovalorización, se efectuó una tabla comparativa para determinar el potencial de generación de energía eléctrica considerando ambos métodos (ver Tabla 3).

Tabla 3. Generación de energía según el tipo de proceso de tratamiento

Tratamiento	Digestión anaerobia	Termoquímico
Rendimiento [%]	35	30
Hi [kJ/m ³]	21507,64	-
Hi [kJ/kg]	-	22224,90
Masa de residuos [kg/h]	20116,60	15354,44
Generación de gas [m ³ /h]	606.87	-
Generación de energía [MW]	0,9	28,44

Para la determinación del volumen de biogás generado se consideró el modelo de degradación de primer orden propuesto por [33]. Este modelo considera que el metano generado depende de la cantidad de RSU depositado en un determinado año más la generación de metano acumulada por los RSU depositados en años anteriores con referencia al año actual [29]. A su vez, se adoptó una eficiencia de recuperación del biogás media (0,6).

4. CONCLUSIONES.

La provincia de Tucumán posee un gran potencial para el aprovechamiento energético de su RSU. Debido a su gran densidad poblacional, genera grandes volúmenes de RSU y necesita satisfacer las elevadas demandas de energía de su población.

Los resultados obtenidos del estudio realizado, nos permiten asegurar la viabilidad técnica en la instalación de plantas de valorización energética del RSU generado en el conglomerado del gran San Miguel de Tucumán.

Considerando las características de los materiales componentes del residuo, es necesario el empleo de un sistema combinado que considere la aplicación de un tratamiento anaerobio (para el material orgánico) y de un tratamiento termoquímico para el material de rechazo del proceso anterior. El empleo del sistema propuesto presenta un potencial de generación de energía que ronda aproximadamente los 29,34 [MW].

En la selección del tratamiento termoquímico es necesario considerar los volúmenes a tratar, puesto que para grandes volúmenes (caso de Overa Pozo) se aconseja el uso de plantas de incineración, mientras que para volúmenes pequeños se puede optar en el uso de plantas de pirólisis o gasificación.

Las tecnologías empleadas en el tratamiento termoquímico han mejorado considerablemente en el aspecto medioambiental, llegando a cumplir con diversas exigencias de normativas europeas y norteamericanas. Para su implementación en nuestra región, uno de los principales inconvenientes observables reside en la separación en origen de los residuos. Puesto que si esto no lo realiza la población, el costo de la implementación de dichas tecnologías se encarece significativamente. Por lo tanto, es menester la implementación de políticas que contribuyan a un cambio cultural en lo referido a la selección y clasificación de los residuos.

Una gestión adecuada y la valorización energética del RSU tienen múltiples ventajas que van desde la reducción significativa de su volumen, la eliminación de basurales a cielo abierto, la reducción de vectores biológicos, la disminución en la emisión gases de efecto invernadero y la generación de energía no convencional.

5. REFERENCIAS.

- [1] Moratorio, D.; Rocco, I. (2011). Proyecto para la conversión de residuos en energía. Tesis de Grado. Universidad de Montevideo. Montevideo. Uruguay.
- [2] Moratorio, D.; Rocco, I.; Castelli M. (2012). Conversión de residuos sólidos urbanos. *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica. Vol. 10.*
- [3] Martínez, S. M. (2017). Aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos para la generación de energía eléctrica en la Planta de Tratamiento de Overa Pozo, Tucumán. Tesis de Especialización en Ingeniería Bioenergética. Universidad Tecnológica Nacional. Tucumán. Argentina.
- [4] López Arriaza, D. A. (2016). Modelo para el diseño de sistemas de captación y aprovechamiento de biogás producido en rellenos sanitarios. Tesis de grado. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile.
- [5] Wonner's, J. (2014). Tratamiento y aprovechamiento integral de los residuos sólidos urbanos: tratamiento de lixiviados y captación de gases. Tesis de Especialización en Dirección de Organizaciones Públicas. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba. Argentina.
- [6] Chávez, D. M.; Duarte, O. M.; Ramón, J. A. (2017). Valorización energética del biogás en un relleno sanitario. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, Vol. 2, pp. 1-10.* Pamplona. España.
- [7] EPA. (2020). LFG Energy Project Development Handbook. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/pdh_full.pdf.
- [8] Hjelmar, O. (1996). Disposal strategies for municipal solid waste incineration residues. *J. 868 Hazard. Mater. 47, 345-368.*
- [9] Salvador, A. R. (2015). Incineración de residuos sólidos urbanos. Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de CC. Químicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid. Fax: 34-91-3944171
- [10] Yu, Z., X. Ma y Y. Liao. (2010). Mathematical modeling of combustion in a grate-fired boiler burning straw and effect of operating conditions under air- and oxygen-enriched atmospheres. *Renewable Energy, 35(5):895-903.*
- [11] Allegrini E; M. Maresca I; E. Olsson; M. Sommer Holtze; A. B. Fruerga y T. Astrupa (2014) Quantification of the resource recovery potential of municipal solid waste incineration bottom ashes. *Waste Manage. 34(9), pp.1627-1636.*
- [12] Laryea-Goldsmith, R. ; J. Oakey y N. J Simms. (2011). Gaseous emissions during concurrent combustion of biomass and non-recyclable municipal solid waste. *Chemistry Central Journal, 5 (4), pp. 1-10.*
- [13] Chen C.C. y Y.T. Chen (2013) Energy recovery or material recovery for MSW treatments. *Resources, Conservation and Recycling, 74, pp. 37-44.*
- [14] Yusuf, A. A.; Onu P., Hassanb, A.S.; Lawal A. Tunjic, Ismail A. Oyagbolac, Mundu M. Mustafad, Danjuma A. Yusufe. (2019). Municipality solid waste management system for Mukono District, Uganda. *Procedia Manufacturing 35, pp. 613-622.*

- [15] Toro Herrera, C. D. (2019). Termovalorización de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n1/0718-0764-infotec-30-01-273.pdf>
- [16] Secretaría de estado de comunicación. Gobierno de Tucumán. Una planta cogeneradora de energía busca instalarse en Tucumán. 11 de Mayo de 2018. Disponible en: <https://comunicaciontucuman.gob.ar/2018/05/una-planta-cogeneradora-de-energia-busca-instalarse-en-tucuman/>
- [17] Bosmans, A.; Vanderreydt I.; Geysen, D.;Helsen L. (2012). The crucial role de Waste-to-Energy technology in enhanced landdill minig: a techonology review. *Journal of Cleaner Production. Elsevier*, pp. 1-14.
- [18] Yang, Y.B.; V.N. Sharifi; J. Swithenbank (2007). Converting moving-grate incineration from combustion to gasification - Numerical simulation of the burning characteristics, doi: 10.1016/j.wasman.2006.03.014, *Waste Management*, 27(5), pp. 645–655.
- [19] Perales, J.F (2002). Desulfuración de gas de síntesis a alta temperatura y presión por absorción en óxidos regenerables. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España.
- [20] Montiel-Bohórquez, N.; Pérez, J. F. (2019). Generación de Energía a partir de Residuos Sólidos urbanos. Estrategias termodinámicas para optimizar el desempeño de centrales térmicas. *Información Tecnológica*, 30 (1), pp 273-284.
- [21] Suárez Almeida, M.; Leiva, C. (2017). Aprovechamiento energético de rechazos de residuos sólidos urbanos. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/324819970>.
- [22] Disponible en: <https://www.pulverlux.com.ar/institucional/BR/es/news/productos-y-soluciones/la-generacion-de-energia-utilizando-residuos-solidos-urbanos-rsu-es-la-nueva-solucion-weg-al-mercado>
- [23] Conesa J.A; Font R.; Fullana A.; Martín Gullón I.; Aracil I.; Gálvez A.; Moltó J.; Gomez Rico M. F. (2008). Comparison between emissions from the pyrolysis and combustion of different wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Elsevier*, pp. 1-8.
- [24] Agostinho Henriques A.J. (2012). Producao de combustíeves líquidos por pirólise de misturas de residuos plásticos e oleos vegetáis. Tesis para la obtención del grado de maestría. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Nova de Lisboa. Portugal.
- [25] Castells X.E. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz Santos. Fundación Universitaria Iberoamericana. España.
- [26] Robles Martínez, F. (2005). Formación de biogás y lixiviados. En Generación de biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios. Instituto Politécnico Nacional. México.
- [27] Femayor Garay, G.; Malica, D. F.; Saa, J. A.; Vargas Walters, G. H.; Mendez, H. S. (2016). Pirolización de RSU: Caracterización energética de los residuos y análisis de tecnologías aplicables para la generación de energía eléctrica. *Tercer Congreso Argentino de Ingeniería y Noveno Congreso Argentino de la Enseñanza de la Ingeniería*. Corrientes. Argentina.
- [28] Blanco, G.; Santalla, E.; & Levy, A. (2017). Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos: Un análisis teórico-práctico. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/13967/generacion-de-electricidad-partir-de-biogas-capturado-de-residuos-solidos-urbanos>
- [29] Panesso, A.F.; Cadena, J.A.; Mora Flores, J.J.; Ordoñez, M.C. (2011). Análisis de biogás captado en un relleno sanitario como combustible primario para la generación de energía eléctrica *Scientiaet Technica*. 1(47), pp. 23-28.
- [30] Mutz, D.; Hengevoss D.; Hugl C.; Gross T. (2017). Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos. GIZ. Eschborn. Alemania.
- [31] Fundación ambiente y recursos naturales (2018). Incineración de basura con recuperación de energía. Disponible en: <http://www.labamerex.com/newsletter/news19/2018-FARN-Incineracion-de-residuos.pdf>
- [32] WTEC. Batch oxidation system. Disponible en: <http://www.wtecanada.com/wp-content/uploads/2011/03/WtEC-BOS-Web-brochure-1.pdf>
- [33] Arrigoni, A. (2009) “La Generación Eléctrica mediante el uso de Residuos Sólidos Urbanos,” *Mundo Eléctrico Colombiano*, 23 (76), pp. 100-101.
- [34] Observatorio de Fenómenos Urbanos y Territoriales (OFUT) de la Facultad de Arquitectura de la UNT (2019). Disponible en: <http://scait.ct.unt.edu.ar/encuentran-casi-500-basurales-en-el-gran-san-miguel-de-tucuman/>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Decano de la Facultad de Ingeniería, Ing. Esteban Vargas, por el espacio creado para investigación denominado 4I y su constante apoyo, como así también al grupo de estudiantes que forman para de este nuevo proyecto, por su entusiasmo y dedicación.

Posibilidades de uso de la energía solar en la industria boratera.

Valdez, Silvana K*; Orce Schwarz, Agustina; Thames Cantolla, Martin

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.
INIQUI CONICET - Av. Bolivia 5150 – Salta Capital – CP:4400
skvaldez@gmail.com - agustina.orce@gmail.com - core.mtc@hotmail.com

RESUMEN.

En la región de la Puna salteña se ubican compañías dedicadas a la producción de ácido bórico, bórax y refinamiento de boratos. Las plantas están ubicadas a 3.500 metros sobre el nivel del mar y en regiones en donde la provisión de combustibles y energía eléctrica tienen costos más elevados. Dada la gran radiación solar en la región, la Puna se presta para el empleo de energía solar como fuente energética alternativa. En San Antonio de los Cobres se proyectó un parque solar con capacidad de generación de 208 MW el cual comenzará a operar comercialmente en octubre próximo. En lo que a minería se refiere, los requerimientos energéticos de la mayoría de las operaciones de beneficio se cubren mediante energía eléctrica. En este trabajo se estudió la factibilidad económica de emplear energía solar en procesos mineros. Para ello se realizó una comparación de costos para producir 1 tonelada de ácido bórico y bórax, empleando energía eléctrica convencional y energía solar. Se calcularon los consumos de energía eléctrica y térmica en base al balance de materia (flujos másicos y composición química de cada corriente). Para ello se consideró el calor requerido en las operaciones de lixiviación y la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los equipos involucrados en los procesos. Los resultados de este trabajo sentarán las bases para ampliar el uso de la energía solar a otro tipo de actividades mineras.

Palabras Claves: boratos, energía solar, balance energético, factibilidad económica

ABSTRACT

In the Puna region at 3,500 meters above sea level Boric acid and bórax 10 manufacture companies are placed. The environmental characteristics of this region are such that electricity and gas sources are scarce or non-existent; in consequence, energy and fuels prices are high. This region has high solar irradiance which made it suitable for the application of solar radiation as green energy source. A solar park with a 208 MW capacity is ready to operate since October this year in San Antonio de los Cobres. In mining, the major energy source is electricity. This work studied the economical feasibility of using solar energy in mining. Electrical and thermal energy consumption to obtain 1 tn of bórax 10 and Boric acid where calculated using electricity and solar energy. For this purpose, it was considered the amount of heat consumed in the lixiviation and the amount of energy consumed by the other equipments involves in the process. Results of this study can be use as a base to extend solar energy application to other mining activities.

Keywords: borates, solar energy, energy balance, economical feasibility

1. INTRODUCCIÓN

El [Acuerdo de París](#) es el primer acuerdo universal y jurídicamente vinculante sobre el cambio climático, adoptado en la Conferencia sobre el Clima de París (COP21) en diciembre de 2015. Este acuerdo establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C [1].

En el año 2016 Argentina ratificó el acuerdo de París comprometiéndose a no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2e}) en el año 2030.

El Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático (PANeCC) contempla, entre las medidas de mitigación, la generación eléctrica a partir de fuentes renovables conectadas a la red de distribución [2]. El gobierno argentino lanzó el programa RenovAr en el año 2016; este lanzamiento tuvo la forma de una convocatoria abierta que contempló una serie de beneficios fiscales y mecanismos de financiamiento, presentando mejoras regulatorias y contractuales respecto de los planes anteriores [2].

Hasta el año 2019, el costo de la energía eléctrica generada por fuentes alternativas ha ido disminuyendo gracias al avance de las tecnologías y de la optimización de las cadenas de suministro entre otros factores hasta el 2019, el costo medio ponderado global nivelado de la electricidad (LCOE por sus siglas en inglés) proveniente de sistemas solares fotovoltaicos disminuyó un 82%; mientras que para el mismo periodo, el costo de las energías: solar de concentración, eólica terrestre y la eólica marina, disminuyeron un 47%, 39% y 29% respectivamente. Como resultado de estas disminuciones en los costos, las tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables se han convertido en la opción de menor costo en casi todo el mundo. Los países con empresas que ya tienen instalados sistemas solares fotovoltaicos para la generación de energía térmica, alcanzan a nivel mundial una potencia térmica instalada de más de 470MWth. [3]

Los 10 países más avanzados en la investigación de energía solar y su aprovechamiento industrial son India, Austria, Alemania, Estados Unidos, España, China, Sudáfrica, México, Francia y Grecia. Las industrias en las que se emplea energía térmica son alimenticias, farmacéuticas, madera, papel, agrícola, bebidas, cuero. Sudáfrica la emplea en minería y Austria en minería no metálica [4]. La energía solar no sólo puede emplearse como fuente generadora de electricidad, sino que también puede aprovecharse como fuente de calor. La mayoría de las industrias emplea energía térmica para llevar a cabo diferentes operaciones entre 20 a 200°C [5, 6]. Las nuevas tecnologías aplicadas a la concentración de la radiación solar hicieron que la energía solar térmica haya cobrado especial relevancia en el sector como fuente limpia de energía [7, 8, 9].

Baig et al. [10] estudió la posibilidad de emplear la energía solar térmica en procesos mineros ubicados en regiones remotas de Australia. En su trabajo hace una comparación entre las distintas tecnologías empleadas en el desarrollo de colectores solares señalando las ventajas y desventajas de cada una. Señala que para que sea económicamente viable, la irradiancia directa normal debe encontrarse entre 1.800 y 2.000 kWh/m² por año. Indica que las operaciones con mayor consumo energético son la reducción de tamaño y la lixiviación y que, dados los requerimientos energéticos de los procesos mineros en general, es casi imposible que una empresa puede abastecerse a sí misma de energía solar térmica.

Argentina es el tercer productor de boratos del mundo, siendo Brasil uno de sus principales consumidores debido a la deficiencia en su suelo, aspecto que ocasionó que desde 2011 aumenten las cantidades importadas desde nuestro país; alcanzándose un pico en el año 2017, correspondiente al 78% de las exportaciones [11]. Particularmente, el ácido bórico es un producto de alto valor agregado mientras que el bórax tiene gran aplicación en la fabricación de fibras de vidrio, cristales pyrex, cerámicas y enlosados. La diferencia de precio se debe, fundamentalmente, a la presencia de impurezas penalizables (contenidos de hierro, cloruros y sulfatos). Las borateras dedicadas a la obtención de ácido bórico y bórax se ubican en la Puna salteña. Dadas las características geográficas de esta región, las empresas no cuentan con energía eléctrica proveniente de la red, sino que trabajan con generadores, los que a su vez emplean combustibles fósiles como fuente de energía.

El programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de energías renovables (RenovAr) aprobó 4 proyectos en la provincia de Salta. Estos proyectos equivalen a un factor de capacidad estimado del 33% y a una potencia adjudicada cercana a los 300MW. Entre ellos se encuentran los proyectos "La Puna" y "Altiplano I", ubicados en el departamento Los Andes cerca de la localidad de Olacapato. Estos proyectos constituyen el segundo parque solar más grande del país con un total de 200 MW de potencia [2]. Dada la cercanía de estos proyectos con las empresas borateras, estos parques podrían transformarse en proveedores de electricidad para las empresas ubicadas de la zona. Por otro lado, la Puna salteña posee una irradiación promedio 1.870 kWh/año [12], lo que hace posible el empleo de la energía solar fotovoltaica y solar térmica como fuentes de energía. Así,

el empleo de equipos que empleen estas fuentes de energía contribuiría a disminuir las emisiones de CO₂ ocasionadas por el consumo de combustibles fósiles.

En el presente trabajo se realizó un balance energético mediante la simulación en Aspen Plus v11 de los procesos de obtención de bórax 10 y ácido bórico, calculándose el consumo de los equipos más representativos de estos procesos productivos. En base a los balances energéticos se realizó un análisis comparativo de dos tipos de fuentes de energía: Generador eléctrico Diesel y Sistema de energía solar fotovoltaica. En el mismo, se presentan las diferencias en costos asociadas a los procesos, y se proponen alternativas para emplear equipos solares. El análisis se realizó en dólares con el objeto de que se pueda tener una visión global de los resultados.

2. METODOLOGÍA

2.1 Balance de materia y energía

Se realizó una simulación de los procesos de obtención de bórax 10 y ácido bórico mediante Aspen Plus v11, y se consideró obtener 1 tonelada por hora de producto final. Mediante la simulación se determinaron las cantidades de materia prima, energía eléctrica y equipos requeridos. El análisis realizado sigue una visión cuantitativa y sus resultados permiten un estudio exploratorio de la aplicación energía solar en la industria boratera.

Los procesos de obtención de bórax 10 y ácido bórico se esquematizan en las Figuras 1 y 2 respectivamente. Las operaciones unitarias involucradas en ambos procesos son similares, cambiando la granulometría de la materia prima y las temperaturas de operación. El bórax 10 se obtiene a partir del mineral tincal mientras que el ácido bórico a partir de ulexita.

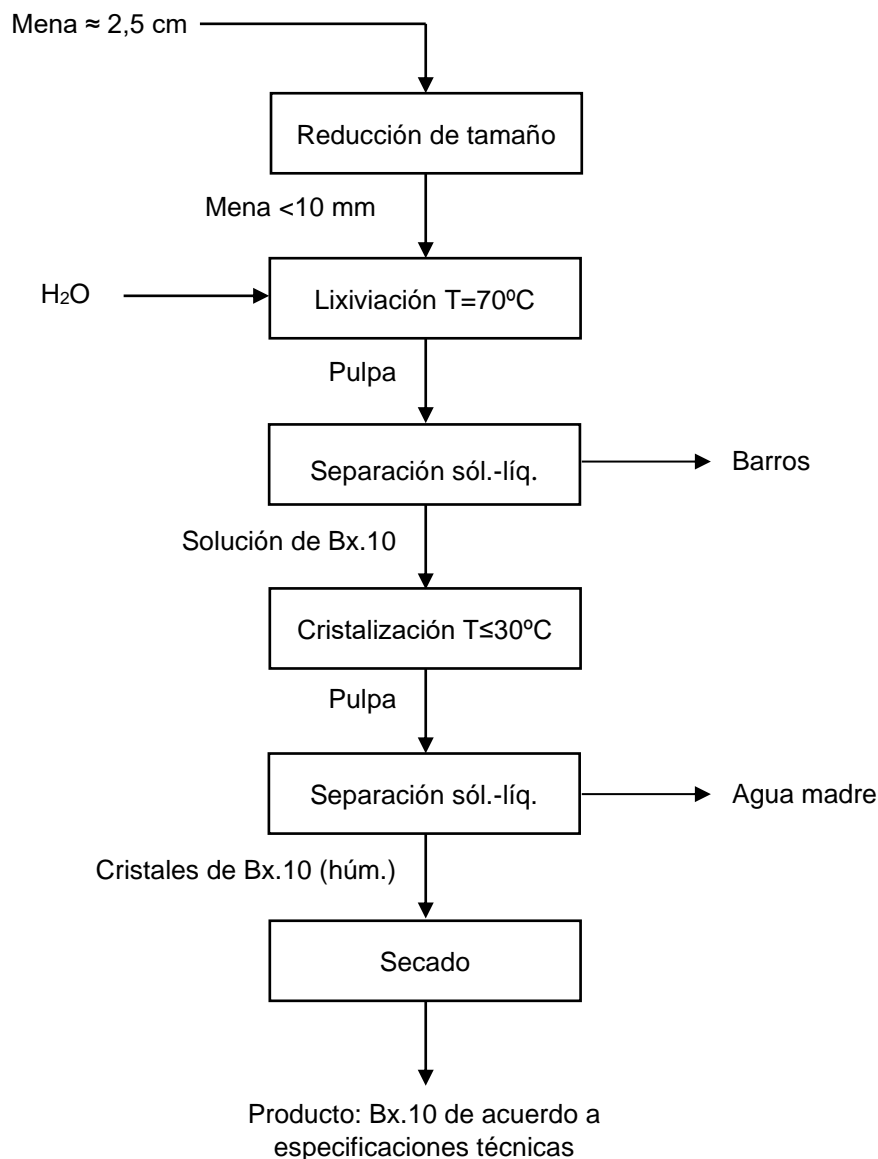


Figura 1 Esquema del proceso de obtención de bórax 10.

La lixiviación (disolución) se realiza en un tanque agitado calefaccionado con vapor. En el mismo tanque se realiza la decantación de los barros. Éstos se lavan y se envían a disposición final. La solución que contiene el bórax 10 disuelto se envía a un tanque agitado provisto con un serpentín de enfriamiento (granuladores) en donde se lleva a cabo la cristalización. Los cristales de bórax 10 se filtran y se secan en una corriente de aire caliente en un secador rotativo. Tanto el agua de lavado de barros como de cristales se recirculan a la etapa de lixiviación. Esto minimiza el consumo de agua fresca, pero aumenta el contenido de impurezas en el producto final. El reciclo de aguas conlleva además una disminución de flujo másico de mena a tratar [13], con la consiguiente disminución en el costo eléctrico asociado a la misma (molienda y transporte).

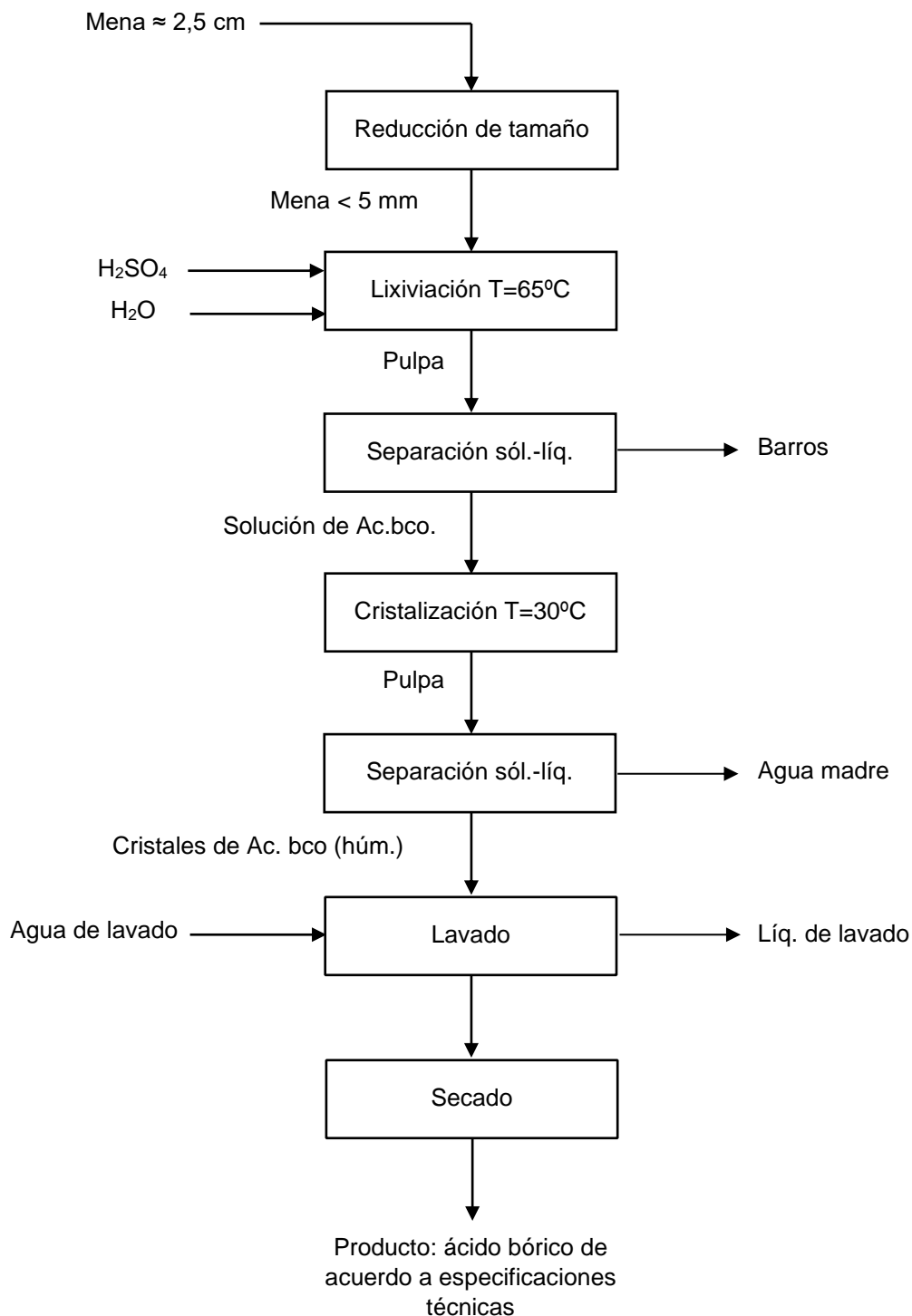


Figura 2. Esquema del proceso de obtención de ácido bórico.

La lixiviación (disolución) se realiza en un tanque agitado calefaccionado con vapor. En el mismo tanque se realiza la decantación de los barros. Éstos se lavan y se envían a disposición final.

La solución que contiene el ácido bórico disuelto se envía a un tanque agitado provisto con un serpentín de enfriamiento en donde se lleva a cabo la cristalización.

Los cristales de ácido bórico se filtran y se lavan en una centrífuga. Posteriormente se secan en una corriente de aire caliente en un secador rotativo.

Al igual que en el caso de bórax 10, tanto el agua de lavado de barros como de cristales se recirculan a la etapa de lixiviación minimizándose el consumo de agua fresca y aumentando el contenido de impurezas en el producto final. El reciclaje de aguas conlleva además una disminución de flujo másico de mena a tratar [13], con la consiguiente disminución en el costo eléctrico asociado a la misma (molienda y transporte).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizada la simulación y determinados los consumos energéticos, se seleccionaron los equipos más importantes de acuerdo a [10] para calcular el consumo total en cada proceso. Esto se puede observar en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1 Consumo energético para producir bórax 10.

Cantidad	Descripción	Consumo en kW
5	Bomba	120,03
1	Cristalizador	
2	Disolvedor	
2	Agitadores del reactor	

Tabla 2 Consumo energético para producir ácido bórico.

Cantidad	Descripción	Consumo en kW
6	Bomba	106,63
1	Reactor	
1	Cristalizador	
2	Agitador del reactor	

Por otro lado, Argentina presenta una variación con tendencia decreciente con respecto al precio de su combustible Diesel. Así lo indica el sitio web globalpetrolprices.com [14], en donde se reporta que, en diciembre de 2019, Argentina ocupaba el segundo lugar con respecto a precios de combustible más bajos de la región (0,961 USD/litro). Por otro lado, el Gobierno ha impulsado la instalación de sistemas solares tanto para hogares como para empresas, a fin de que, puedan auto suministrarse energía eléctrica como así también inyectar los excedentes a la red de distribución. Estas medidas, acompañadas de la reducción de costos operativos y de instalación de los sistemas solares a nivel mundial hacen de ésta una alternativa a considerar por las distintas industrias del país ya que de esta forma es posible generar energía eléctrica en el lugar donde se consumirá lo que disminuye costos de transporte y pérdidas en los circuitos de distribución.

Cabe destacar que a partir de este año se comenzará a sumar generación distribuida renovable en pequeña y mediana escala a los grandes avances ya logrados en el segmento de alta potencia, a través del programa RenovAr y el régimen del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuentes Renovables (MaTER). Nuestro país tiene como objetivo alcanzar una potencia instalada de al menos 1.000 MW de generación distribuida renovable al 2030. En la Figura 3 se muestra la tendencia del precio del KW por año y por fuente de energía.

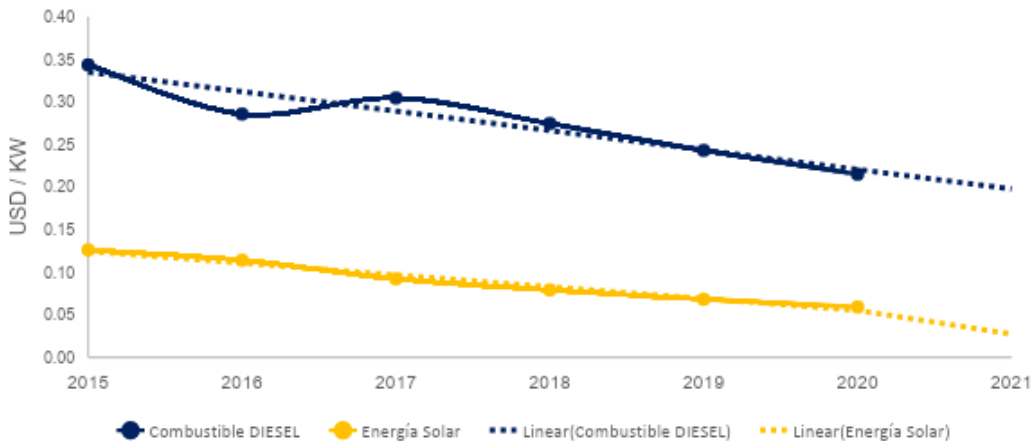


Figura 3 Tendencia del precio del KW por año y por fuente de energía.

En la Figura 3 se observa que el precio del KW generado mediante energía solar disminuye año a año debido al desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran la capacidad de los sistemas y los costos de instalación entre otros factores [3].

Para los cálculos, se tomaron como referencia los volúmenes de producción de ulexita y tincal, informados por la Secretaria de Minería de Salta para los años 2015-2019 [15]. Estos pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3 Producción anual de ulexita y tincal en toneladas.

Años	Producción de ulexita (t)	Producción de tincal (t)
2015	20.461	15.527
2016	24.909	15.965
2017	47.331	60.720
2018	39.116	11.697
2019	24.785	2.962

En las Figuras 4 y 5 se comparan el costo eléctrico de producción de bórax 10 y ácido bórico empleando Diesel y energía solar como fuentes de energía eléctrica.

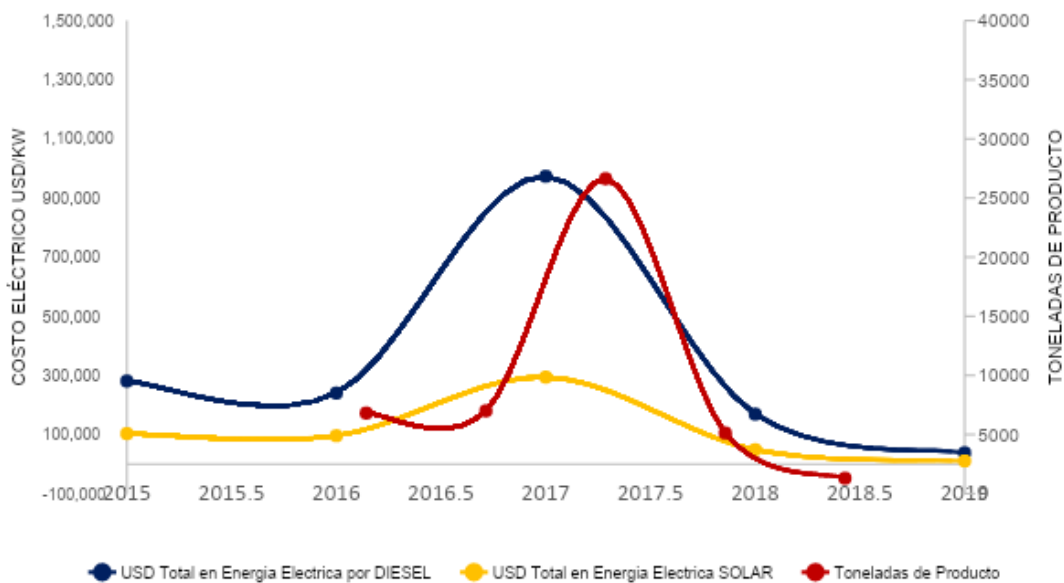


Figura 4 Costo eléctrico de producir bórax 10 empleando Diesel o energía solar.

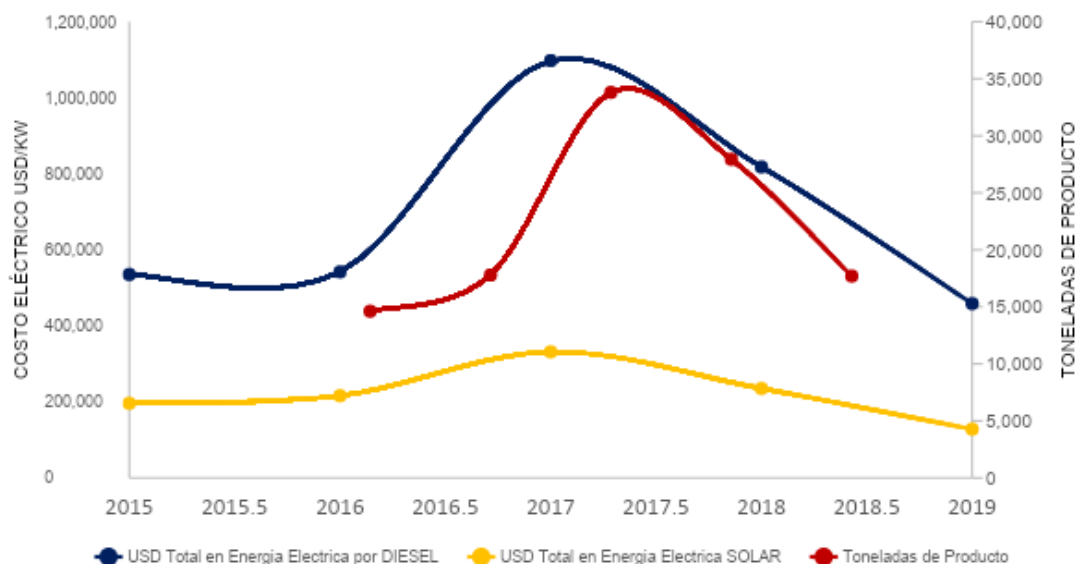


Figura 5 Costo eléctrico de producir ácido bórico empleando Diesel o energía solar.

En ambas figuras se observa un marcado aumento en la producción en el año 2017 debido a que Brasil concentró el 78 % de las exportaciones de productos boratados, principalmente para obtener fertilizantes [11].

Las operaciones unitarias que consumen más energía en los procesos de producción son la reducción de tamaño y la lixiviación en caliente. La reducción de tamaño consume alrededor de 3,7 kW mientras que la lixiviación 480 kW. Si se desea emplear la radiación solar como fuente de energía estas operaciones son las más significativas. La integración de la energía solar a los procesos productivos se puede realizar a nivel servicios auxiliares (generación de vapor o calentamiento de fluidos para calefacción) o a nivel proceso. Esta integración es más sencilla de aplicar a nivel servicios auxiliares [16].

Dellicompagni et al. [17] realizaron la simulación de un equipo generador de vapor instalado en la localidad de San Carlos, Salta. Este equipo contiene un colector fresnel lineal y puede ser empleado en diversas aplicaciones: secado de vegetales, desalinización de agua o generación de energía eléctrica; con una capacidad de hasta 8 kW \pm 2%. Un equipo de este tipo puede emplearse como fuente de energía en la operación de reducción de tamaño.

Otra alternativa de integración es el empleo de generadores eléctricos solares comerciales con una capacidad de 30 kW y un costo de USD 42.500; otros equipos que pueden emplearse son bombas calefactoras solares para la generación de agua caliente, este tipo de equipos reemplazan a las calderas, una bomba calefactora solar tiene una capacidad de 44,7 kW y un costo de USD 7.085 [18]. También existen en el mercado bombas hidráulicas energizadas mediante radiación solar. Las bombas de agua solar son equipos que sirven para la extracción de agua utilizando energía solar. Son muy útiles donde no hay red eléctrica en uso domiciliario, comercial, industrial y rural, especialmente para el riego o ganado. Este tipo de bombas manejan caudales entre 42 - 200 L/min con una potencia igual a 0,21 kW y 0,37 kW [18].

Si bien los costos de inversión inicial en equipos solares son elevados comparado con los equipos tradicionales que se alimentan con energía eléctrica generada a partir combustibles fósiles, los costos operativos son menores. Estos costos se reducen con el tiempo a medida que avanzan los desarrollos tecnológicos que permiten una mayor versatilidad y modularidad a la hora de adaptar los procesos solares a las necesidades de las industrias (Ver Figura 3).

En las Figuras 6a y 6b se muestra la comparación de costos operativos empleando equipos solares y tradicionales. Esta comparación se realizó para el período 2016-2018 tanto para el bórax 10 como para el ácido bórico, empleando datos obtenidos a partir de [3, 14]. En ella puede observarse que, para ambos productos, los costos eléctricos asociados a los niveles de producción acompañan las variaciones de los volúmenes producidos por año. Sin embargo, estas variaciones no son iguales entre los tipos de fuentes de energía, Diesel y solar. Tomando como referencia el año 2016, se observa que para la obtención de bórax 10, hubo un aumento de la producción de tincal del 208% en el año 2017, lo que se traduce en un aumento en los costos eléctricos. En este punto, el costo eléctrico asociado al combustible Diesel tiene un aumento del 305% mientras que, para la energía solar, el aumento hubiese sido del 207%. Para la obtención de ácido bórico, el aumento en la producción de ulexita fue del 90%, lo que se traduce en un aumento en el costo eléctrico por generación Diesel del 108%, mientras que para la energía solar hubiese sido del 53%. Por otro lado,

para el año 2018, la producción de tincal se redujo un 27% y por ello los costos eléctricos también se redujeron. Al igual que en el caso anterior, estos no lo hicieron de igual forma. El costo eléctrico asociado a la energía eléctrica por combustible Diesel se redujo casi un 30% mientras que el costo de energía solar tendría una reducción aproximada del 49%. Por su parte, para el mismo año, la producción de ulexita aumentó un 57% y por ello también se modificaron los costos eléctricos. Para el caso de la generación por combustible Diesel, el costo aumentó un 51%, mientras que para el caso de energía solar solo hubiese aumentado un 9%. De esta forma puede verse que, si bien los costos de generación por combustible Diesel presentan una disminución en el tiempo (Ver Figura 3), está no tiene la misma magnitud que la reducción de costos que tiene la energía solar. De esta manera, se espera que los costos asociados a estas energías limpias, sigan siendo cada vez menores, lo que se traducirá en mayores beneficios para las empresas que las implementen dentro de sus procesos productivos.

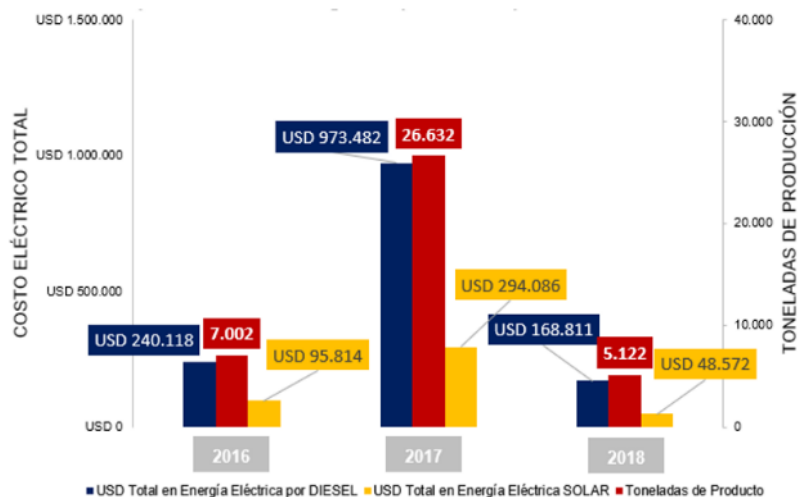


Figura 6a Comparación de costos operativos para bórax, empleando energía convencional y solar.
Fuente: Elaboración propia.

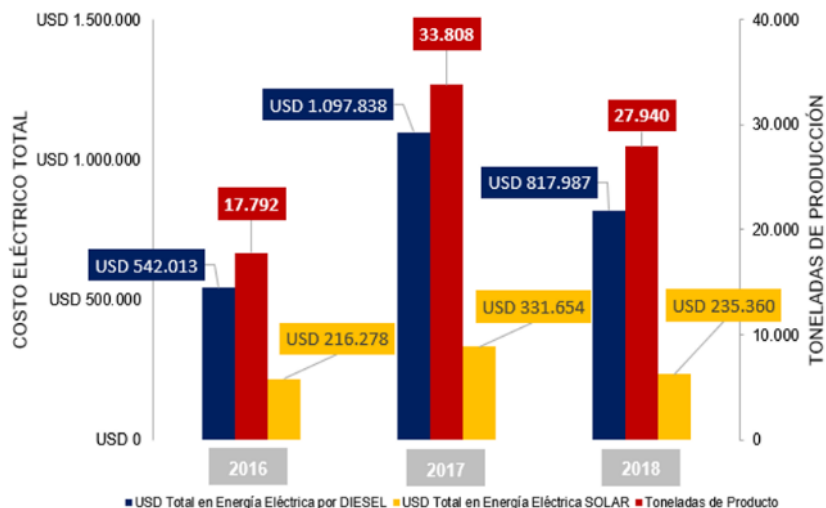


Figura 6b Comparación de costos operativos para ácido bórico, empleando energía convencional y solar.
Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Actualmente no puede prescindirse completamente de las fuentes de energía tradicionales. La mayoría de los procesos industriales son continuos, lo que dificulta la transición total a energía solar; si bien existen acumuladores de energía solar éstos no pueden, por el momento, suministrar energía por largos periodos. Para intensificar los procesos de obtención bórax 10 y ácido bórico sería necesario integrar la energía solar en algunas de las operaciones empleando equipos tales como bombas, intercambiadores de calor o equipos de generación de vapor mediante energía solar. Los costos de emplear energía solar en la minería, están íntimamente vinculados con los desarrollos tecnológicos, lo que permite pensar que a futuro éstos se irán reduciendo como lo han hecho en los últimos 10 años y según se observó en el análisis realizado. Por su parte, las condiciones

meteorológicas de la Puna Argentina son óptimas para el aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía. Sumado a esto, el gobierno nacional y provincial, promueve el empleo de las energías renovables tanto para la generación de consumo propio como así también para abastecer a la red eléctrica. Lo antes mencionado junto con la necesidad de producir de maneras más sustentables, harán del empleo de energía solar una alternativa más que rentable.

En este trabajo se mostró que las etapas de mayor consumo energético no pueden reemplazarse, de momento, completamente por equipos que trabajen empleando energía solar. Para poder llevar a cabo procesos continuos, el desarrollo de equipos solares que permitan suministrar grandes cantidades de energía por largos períodos de tiempo, es de suma importancia. Por otro lado, el desarrollo tecnológico en baterías y acumuladores de energía avanza continuamente lo que permite suponer que a futuro podrán desarrollarse procesos industriales continuos empleando fuentes limpias de energía.

4. REFERENCIAS

- [1] Unión Europea, 2015. "Acuerdo de Paris". Disponible en: https://ec.europa.eu/clima/policies/internacional/negotiations/paris_es. [Accedido el 10/08/2020]
- [2] Secretaría de Gobierno de Energía, Presidencia de la Nación Argentina (2019). "Balance de gestión en energía 2016-2019. Emergencia, normalización y bases para la transformación".
- [3] International Renewable Energy Agency. (2019). "Renewable power generation costs in 2019". Disponible en: <https://www.irena.org/>. [Accedido el 12/08/2020]
- [4] Shahjadi, Hisan F.; Nazmul, Huda; Parvez, Mahmud; Saidur, Rahman. (2018). "Solar industrial process heating systems in operation – Current SHIP plants and future prospects in Australia". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, pp. 409–419.
- [5] Scnitzer, Hans; Brunner, Christoph; Gwehenberg, Gernot. (2007). "Minimizing greenhouse gas emissions through the application of solar thermal energy in industrial processes". *Journal of Cleaner Production*, 15. pp. 1271-1286.
- [6] Meier, Anton; Bonaldi, Enrico; Cella, Gian Mario; Lipinski, Wojciech. (2005). "Multitube Rotary Kiln for the Industrial Solar Production of Lime". *Transactions of the ASME*, Vol. 127, pp 386-395.
- [7] Sanjairaj, Vijayavenkataraman; Iniyar, Selvarasan; Goic, Ranko. (2012). "A review of solar drying technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 16. pp. 2652-2670.
- [8] Steinfeld, Aldo. (2019). "Concentrated solar energy – the path for efficient thermal conversion to power and fuels". *Science Bulletin*, Vol. 64, pp 485-486.
- [9] Yadav, Banerjee. (2016). "A review of solar thermochemical processes". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.54 pp. 497-532.
- [10] Baig, Mirza; Surovtseva, Daria; Halawa, Edward. (2015). " The Potential of Concentrated Solar Power for Remote Mine Sites in the Northern Territory, Australia" *Hindawi Publishing Corporation Journal of Solar Energy*, Article ID 617356, 10 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/617356>
- [11] Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina (2018) "Informe Panorama de Mercado de rocas y minerales industriales".
- [12] Grossi Gallegos, Hugo; Righini, Raul. (2007). "Atlas de Energía Solar de la República Argentina". *Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva*. ISBN: 978-987-9285-36-7.
- [13] Flores, Horacio. (2004). "El beneficio de los Boratos", Crisol Ediciones, Salta, Argentina.
- [14] Global Petrol Prices. (2020) Disponible en: https://es.globalpetrolprices.com/diesel_prices/. [Accedido el 25/08/2020]
- [15] Secretaria de Minería de Salta. (2019). "Informe de producción histórico 2015-2019".
- [16] Hess, Stefan; Hanby, Victor; Hermann, Michael, Oliva, Axel, Stryi-Hipp, Gerhard. (2011). "Solar process heat - System design for selected low-temperature applications in the industry". *ISES Solar World Congress Proceedings*, pp.1437–1448.
- [17] Dellicompagni, Pablo; Saravia, Luis; Altamirano Martí, Franco J. (2018). "Simulation and testing of a solar reciprocating steam engine", *Energy*, Doi: 10.1016/j.energy.2018.03.110.
- [18] HISSUMA MATERIALES. Disponible en: <https://www.hissuma-materiales.com.ar/productos/generador-solar-hissuma-solar-30kw-380v-50hz/?variant=175160560> [Accedido el 20/08/2020]

Revisión de la situación actual de los neumáticos fuera de uso en Argentina desde el enfoque de la economía circular

Bangert, Vanesa*¹; González Caravia, Francisco*²; Puente, Benjamín*³

*Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe
Departamento de Ing. Industrial / Departamento de Ing. Civil*

¹vjbangert@frsf.utn.edu.ar* - ²fgonzalez@frsf.utn.edu.ar* - ³bpuente@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

El presente trabajo forma parte de la etapa inicial de un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID), denominado “Estudio de la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso y de Desecho en Argentina, desde los enfoques de la economía circular y la innovación. Código: TOUTNFE0007831”. En dicho PID se pretende profundizar y ampliar el conocimiento en la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) y Neumáticos de Desecho (ND), procurando identificar, a lo largo de su ciclo de vida, oportunidades de mejora desde distintas perspectivas, como alternativas para maximizar la utilización de los recursos y minimizar la generación de dichos residuos.

En particular, esta presentación tiene por objetivo compartir una revisión inicial de la problemática que representan los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) y Neumáticos de Desecho (ND) en el país; basado en un proceso de investigación y análisis abordado desde diferentes enfoques. En este sentido es importante resaltar que, para la temática bajo estudio es clave trabajar con una “visión de procesos”, dada la multiplicidad de actores y variables, (técnicas, económicas, medioambientales, sociales, etc.) que intervienen a lo largo de toda la vida de los NFU y ND. Sumado a esto, la transversalidad de los enfoques de la economía circular y la innovación, propician que este trabajo se lleve adelante con la participación de profesionales y estudiantes de distintas disciplinas; trabajan en el proyecto una Dra. en Tecnología Química e Ingeniería Ambiental, una Especialista en Gestión y Vinculación Tecnológica, una Magister en Administración de Empresas, Ingenieros Industriales y Estudiantes de Ingeniería Industrial.

Palabras claves: Neumáticos Fuera de Uso – Economía Circular – Red de Valor - Gestión

ABSTRACT

This paper is part of the initial stage of a Research and Development Project (R&D), called "Study of the management of Out-of-Use and Scrap Tires in Argentina, from the approaches of the Circular Economy and innovation. Code: TOUTNFE0007831" This PID aims to deepen and broaden the knowledge in the management of Out-of-Use Tires and Scrap Tires (ND), trying to identify, throughout their life cycle, opportunities for improvement from different perspectives, such as alternatives to maximize the use of resources and minimize the generation of such waste.

This presentation aims to share an initial review of the problems represented by Out-of-Use and Scrap Tires in Argentina; based on a process of investigation and analysis attempted from different approaches. In this sense, it is important to highlight that, for the subject under study, it is key to work with a “process vision”, given the multiplicity of actors and variables (technical, economic, environmental, social, etc.) that intervene throughout all the life of the Out-of-Use and Scrap Tires. Added to this, the transversality of the approaches of the Circular Economy and innovation, subserve that this work be carried out with the participation of professionals and students from different disciplines; A Dr. in Chemical Technology and Environmental Engineering, a Specialist in Management and Technological Linking, a Master in Business Administration, Industrial Engineers and Industrial Engineering Students are working on the project.

Keywords: Tires Out of Use - Circular Economy - Value Network - Management

1. INTRODUCCIÓN

El neumático es la autoparte encargada de conformar el vínculo entre un vehículo y la superficie por la que transita. Como tal, está sujeto a diversos requerimientos de desempeño y seguridad; lo cual implica trabajar en el desarrollo de nuevos modelos, materiales, diseños y formas de fabricación para que su utilización sea segura, acompañando el diseño estético de los vehículos y brindando el mayor confort posible al andar. No obstante, al finalizar su vida útil, no existe un proceso social (y a veces tampoco estatal) sistematizado para el tratamiento del residuo denominado Neumático Fuera de Uso (NFU) y Neumáticos de Desecho (ND). Además, si se añade que en la composición de este artículo, Tabla 1, predomina el caucho, tanto natural como sintético, con tiempos de descomposición natural rondando los cientos de años, se comienza a tomar noción del problema ambiental que esto significa.

La producción de neumáticos requiere la extracción de recursos naturales y su procesamiento en materias primas fabriles, para luego conformar el neumático, el cual llega al mercado, es utilizado y finalmente desechado. Este esquema de explotación de recursos naturales no contempla una adecuada disminución en la intensidad de su uso ni en el reaprovechamiento de sus materiales. Esto implica que continuamente se depositan en el ambiente residuos que permanecerán allí, contaminando, durante un largo tiempo. Surge así la necesidad de revisar los métodos de producción, comercialización, consumo y reutilización de los neumáticos, para orientarlos a procesos más efectivos, tanto desde el punto de vista de la explotación de los recursos, como del cuidado del medioambiente.

La Economía Circular (EC) brinda el soporte conceptual para plantear sistemas en los cuales el paradigma lineal *extracción-aprovechamiento-desecho* sea reemplazado por procedimientos económicos recirculantes, donde los bienes sean explotados más allá de su primer uso.

1.1 Objetivo

Este trabajo tiene por objetivo compartir un informe parcial, de la problemática económica, social, ambiental, técnica y organizacional respecto de la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso y Neumáticos de Desecho en Argentina.

2. DEFINICIONES

2.1. Neumático

El neumático es una pieza fabricada con un compuesto basado en el caucho, que se coloca en la rueda del vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort [1]. Su fabricación implica el 60% de la industria del caucho, siendo este su principal componente. El caucho puede diferenciarse entre natural (14%), extraído del árbol *Hevea brasiliensis*, y sintético, procesado a partir de hidrocarburos. La tabla 1 refleja la composición de dos tipos de neumáticos.

Tabla 1 - Composición aproximada de neumáticos.

Componente	Tipo de Vehículo		Función
	Automóviles [% en peso]	Camiones [% en peso]	
Cauchos	41	45	Estructural-deformación
Negro de Humo	28	22	Mejora oxidación
Óxido de Zinc	1,2	2,1	Catalizador
Material textil	16	0	Esqueleto estructural
Acero	14	25	Vulcanización
Azufre	1	1	Juventud
Otros	12		

2.2. Economía Circular

El concepto de EC comienza a socializarse en 1989 [2], como epíteto de una larga trayectoria de ideas orientadas al reconocimiento de los límites materiales de los sistemas donde el humano se desenvuelve y de cómo impactan las actividades antropológicas en el ambiente. Se puede definir a la EC como la premisa de retener el uso funcional de productos y materiales dentro de la economía tanto como sea sostenible. Este último término evoca a la definición de Desarrollo Sostenible, satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas [3].

2.3. Las 7R

El modelo de las siete erres, implica avanzar más allá de las 3R tradicionales (Reducir, Reutilizar y Reciclar), para completar el círculo económico agregando las restantes 4R (Rediseñar, Reparar, Renovar, Recuperar). La continuidad de estas acciones promueve vivir en una sociedad responsable con el medio ambiente y con un objetivo fundamental, la sostenibilidad [4]. En la figura 1 se observa la comparación del modelo lineal versus el modelo circular.



Figura 1: contraste entre modelos económicos; el Lineal y el de la Economía Circular a través de las 7R. Elaboración propia.

2.4. Ambiente

El ambiente es un concepto que cambia según se lo identifica en diversas disciplinas. Puede entenderse desde la ingeniería ambiental como el resultado de la coexistencia de dos subsistemas, el de ambiente natural y ambiente artificial, resultando en los sistemas socioambientales. Aun así, cabe destacar que, desde la incorporación a la Constitución Argentina del art. 41 durante la reforma de 1994, el ambiente se transformó en un *bien jurídicamente protegido*, y más adelante se sancionaron leyes ambientales específicas, como la Ley 25.675 que enuncia:

Que el ambiente es un patrimonio común de la sociedad y que de su equilibrio depende la vida y las posibilidades de desarrollo del país. Que la coordinación entre los distintos niveles gubernativos y sociales son indispensables para la eficacia de las acciones ambientales. Que los recursos ambientales deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, con equilibrio e integridad [5].

2.5. Red de Valor

La Cadena de Valor es un diagrama que representa el conjunto de actividades internas de una organización, separadas en primarias o principales y secundarias o de soporte [6]; siendo las primarias aquellas que participan directamente de la fabricación o comercialización del producto de la empresa y a las secundarias las que brindan soporte a las principales.

Posteriormente, surge el concepto de Red de Valor, el cual refiere al conjunto de relaciones y vínculos entre organizaciones necesarios para crear un producto o servicio [7]. Este modelo se basa en que raramente es una misma empresa la que realiza todas las actividades de valor de un producto. De esta forma, busca representar las interacciones entre todos los nodos de una red para entender las relaciones de ventajas y desventajas entre ellos.

3. DESARROLLO

Este apartado de la presentación de organiza en los siguientes puntos:

- Definición del alcance del presente trabajo.
- Relevamiento y análisis de información.
- Resultados preliminares.

3.1. Definición del alcance del presente trabajo

Esta presentación constituye un resultado parcial de las primeras actividades del PID “Estudio de la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso y de Desecho en Argentina, desde los enfoques de la economía circular y la innovación (fecha de inicio enero 2020)”. Dada la situación de pandemia por la que estamos atravesando, se trabajó con información relacionada a la temática disponible en sitios web de distintos organismos oficiales, se realizaron entrevistas virtuales a diferentes actores y organizaciones involucradas en la red de valor bajo estudio y también se indagó en papers específicos sobre los NFU y ND, de investigaciones en otros lugares del mundo.

3.2. Relevamiento y análisis de información

En primer lugar, se explican brevemente los **procesos** a los que pueden ser sometidos los neumáticos para disminuir su huella ambiental y prolongar la permanencia de sus materiales en el ciclo económico.

Luego, se presenta un diseño de la **Red de Valor** de los neumáticos, a fin de obtener una visión amplia y “circular” de la información, actores y organizaciones que intervienen en los distintos procesos.

Por último, se plantea un **esquema de cálculo** para obtener una cifra aproximada de los NFU generados en Argentina, basado en la interacción de distintas variables que intervienen en esta problemática. Este modelo permite obtener una estructura base para dimensionar la problemática; el cual se irá probando y ajustando en base a la retroalimentación de información y mejora en los datos de entrada. A partir de esto el planteo es, continuar profundizando el conocimiento del tema y analizar distintas herramientas y perspectivas para contribuir a la mejora en la gestión de los NFU en Argentina.

3.2.1. Procesos existentes para el tratamiento de NFU

Los neumáticos pueden ser sometidos a distintos procesos, algunos para prolongar su vida útil y otros para tratarlos cuando ya no pueden ser utilizados para el fin que fueron diseñados. Los últimos buscan generar subproductos a partir de este residuo.

Una alternativa para extender la vida del neumático es el reesculturado; consiste en reproducir los principales canales de la escultura de la banda de rodadura. Solo se puede realizar cuando los

fabricantes de estos indiquen que está preparado para este proceso. En este caso, también es importante el estado del neumático.

Otro proceso muy común que se aplica a los neumáticos para que tengan una segunda vida es el recauchutado, también conocido como recapado. Se puede aplicar siempre que las condiciones técnicas de la carcasa lo permitan. Se cambia la banda de rodadura original gastada por una nueva.

Por otro lado, existen diferentes opciones para valorizar este residuo. Como primer caso, se tiene a las plantas de procesamiento. En estas instalaciones los NFU pasan por distintos molinos con cuchillas, obteniendo tres subproductos: caucho en forma de pellets, material textil y acero.

Otro caso para mencionar es el de la valorización energética. Por ejemplo, el coprocesamiento se lleva adelante en las industrias que fabrican cemento, donde los NFU se utilizan como fuente de energía para los hornos y los residuos de esta combustión se incorporan al proceso de fabricación de Clinker.

Continuando, en la línea de valorización energética, la pirólisis permite descomponer los neumáticos fuera de uso en tres partes: sólido, líquido y gaseoso. La parte sólida está compuesta por acero, negro de humo y material inorgánico. Los últimos pueden utilizarse como combustibles alternativos.

Por último, existe la incineración de los NFU como combustible alternativo para disminuir el consumo de combustibles fósiles. Si bien tiene muchas posibilidades de aprovechamiento como ser en hornos industriales, producción de vapor en calderas para la generación de energía eléctrica entre otros procesos; la combustión de estos exige un importante control sobre las emisiones y las cenizas volátiles.

3.2.2. Red de Valor de los neumáticos

La representación gráfica del caso en estudio, bajo el concepto de Red de Valor, permite visualizar los eslabones de la red analizada, Figura 2. En particular, nótese que la relación entre los recicladores y los fabricantes no se indicó. El motivo radica en que la mayor parte del caucho reciclado molido en Argentina no vuelve a plantas de fabricación; se utiliza como sustrato para el alfombrado de césped artificial en superficies deportivas, es decir, se inserta en otra red de valor complementaria.

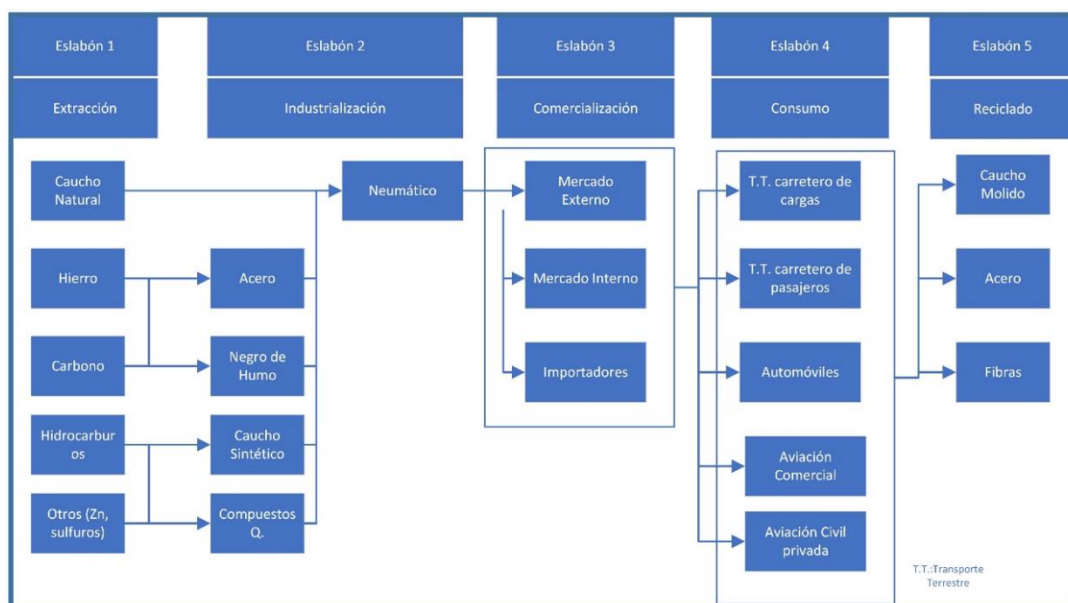


Figura 2: red de valor de los neumáticos, representación desde la perspectiva de la relación interorganizacional. Elaboración Propia.

3.2.3. Generación de NFU en Argentina

A continuación, se presenta una estimación de la cantidad de NFU que se pueden generar en Argentina anualmente. Se parte de la base de cantidad de vehículos del parque automotor vivo [8]. A la fecha, no se dispone de datos más recientes provenientes de fuentes confiables. El informe 2019 de AFAC aún es interno a esa organización. La diferenciación entre vehículos livianos y automóviles no genera un gran impacto en este proyecto, pero se consideró de igual forma dado que puede ser de interés para otro tipo de estudios.

Luego se consideró el kilometraje anual esperable de un vehículo [9,10] y el peso promedio del tipo de neumático por rama [11]. En el caso de los vehículos pesados se consideró la configuración de ejes que permite trasladar el mayor tonelaje con libre circulación por la Red Vial Nacional, sin exigir la circulación por corredores especiales: Configuración de 7 ejes escalada. Largo 22,4[m]. Carga máxima 60[tn] [12].

Con estos datos se calculó el factor de recambio anual (cuantas veces por año deberían cambiarse los neumáticos). El dato obtenido, menor a la unidad, es consecuente y consistente con la práctica de rotación relatada por empresarios del transporte y usuarios particulares; en general, no se cambian todos los neumáticos a la vez, se “rotan”, ubicando siempre los nuevos en los ejes tractores o de dirección. Considerando ese factor, el peso antes mencionado y la composición del parque automotor se estimó que, Argentina tiene una capacidad de generación máxima de NFU cercano a las **500.000 [tn] anuales**. Los cálculos se reflejan en la tabla 2.

Tabla 2 - Estimación de la capacidad de generación de NFU. Fuente: Elaboración propia

PARQUE VIVO 13.950.048 [u]	Unidad	Autos	Livianos*	Pesados
	[%]	85,2	1,12%	3,6%
Cantidad	[u]	11.885.441	1.562.405	502.202
"Kilometraje Anual por vehículo"	[km]	20.000	20.000	81.000
Vida útil promedio de un neumático	[km]	50.000	50.000	100.000
Factor de recambio (km año/vida útil del neumático)	factor	0,4	0,4	0,81
"Cantidad de neumáticos por vehículo"	[u neumático]	4	4	26
Peso por neumático	[kg]	6,5	6,5	30
Peso por vehículo	[kg]	26	26	780
Peso total de la rama	[tn]	309.021.463	40.622.540	391.717.348
Tn de recambio	[tn]	123.609	16.249	317.291

3.2.4. Variantes de escenarios

A partir de la estructura de cálculo planteada, es interesante realizar un análisis del tipo “what-if”; es decir, qué pasaría si se tomaran otras consideraciones de hipótesis a la hora de realizar los cálculos. Para comenzar, podría considerarse que es improbable que todos los camiones utilicen la configuración de ejes escalable que más tonelaje de carga admite; entonces, si se propone que la totalidad del parque automotor pesado utiliza una configuración de 4x4+1x2 (cuatro ejes con cuatro neumáticos y un eje con dos neumáticos) el tonelaje total de NFU al año se aproxima a 359.521 [tn], es decir, disminuye un 21,35%. En principio, es una perspectiva muy particular, porque esta configuración requeriría más camiones (o más recorridos del mismo camión) para trasladar un tonelaje de carga determinado.

Por otro lado, si se varía la cantidad de kilómetros recorridos por autos particulares, un 50% en ambos sentidos, es decir, se calculará con un uso de vehículos livianos entre 10.000 [km] y 30.000 [km] al año, obtendríamos que el intervalo total de neumáticos NFY-ND generados estaría entre 395.344 [tn] y 518.953 [tn], una variación del 13,52% respecto al valor inicial calculado.

3.2.5. Fuentes externas

Como contraste, existen distintas publicaciones periódicas que no convergen a un número concreto, pero ninguna de ellas supera las 200.000 [tn] de NFU anuales [13,14]. Para analizar tamaño diferencia ha de señalarse que no se dispone, a la fecha, de publicaciones científicas para contrastar la base de cálculo. En segunda instancia, en esta aproximación se consideró un forecast pesimista, donde todos los vehículos particulares son utilizados intensivamente (20.000 kilómetros anuales), cuando un gran número de ellos pueden ser segundos vehículos de un grupo familiar, vehículos de recreación (automotores de modelos antiguos para hobby o recreación) o simplemente ser poco utilizados. En contrapartida, la elección de la configuración de ejes que se seleccionó para el cálculo es aquella que, permite la mayor capacidad de carga sin tener que usar corredores especiales. Esto implica que el uso del neumático sería el más eficiente, pero en la práctica la diversidad de configuraciones de ejes acarrea una disminución en esa efectividad, significando esto tal vez más neumáticos utilizados por año.

Esta estimación revela la gravedad del problema de los NFU y ND en Argentina. *En el país existen distintas plantas de tratamiento de NFU-ND y también se cuenta con procesos de valorización energética de estos neumáticos.* Al no contar con un marco legal y por ende tampoco con fuentes oficiales, sumado a que en muchas ocasiones es escasa la información que se brinda en las páginas de internet de las organizaciones del rubro, no es factible arribar a una cantidad específica de NFU-ND tratados anualmente.

Si se suman las capacidades aproximadas de las plantas de tratamiento de Argentina, se puede estimar un total de 33.800 [tn] de NFU-ND procesados por año [15, 16, 17]. Esto implicaría que, según la aproximación lograda anteriormente, Tabla 2, quedarían sin tratar 466.200 [tn] de NFU-ND, más del 90% del total máximo estimado por año.

3.3. Resultados preliminares

La extensión territorial del país, el volumen de generación de residuos de NFU y ND y las distintas alternativas para su aprovechamiento, energético, en infraestructura vial, en productos para pisos deportivos, entre otros, ameritan que se continúe profundizando el estudio sobre la temática, buscando un mejor aprovechamiento de estos residuos y una disminución de su impacto ambiental.

Es ineludible plantear un abrupto cambio de paradigma en esta problemática. Uno de los puntos de partida puede ser la Responsabilidad Extendida del Productor (EPR, por sus siglas en inglés), dado el éxito que este factor tuvo en otros países [18]. También se considera clave el involucramiento de actores públicos que no solo controlen la generación y tratamiento de los residuos, sino que también alienten iniciativas para converger a un paradigma económico circular.

4. CONCLUSIONES

Los neumáticos son bienes que resultan indispensables para la sociedad argentina. El parque vivo particular se incrementó un 4,9 % del cierre entre 2017 y 2018 [19]. Al fabricar neumáticos se utilizan recursos muy valiosos y también se generan gases de efecto invernadero. Los neumáticos son bienes de gran valor tecnológico, por eso resulta importante tratarlos industrialmente y recuperar recursos como el caucho, acero y el material textil que los conforman. Ellos se pueden introducir en una infinidad de procesos. También pueden incorporarse los neumáticos a la producción de cemento aportando su poder calorífico y los residuos (minerales) a la producción de Clinker.

Hoy no se cuenta con fuentes oficiales que tengan un registro del volumen o tonelaje de NFU y ND que se genera anualmente en el país y donde se encuentran. No hay datos de qué pasa con los neumáticos cuando los usuarios los cambian o dejan de usarlos. Además de perder la oportunidad de aprovecharlos como materias primas o insumos, al no ser llevados a una disposición adecuada trae múltiples problemas para la salud humana y el ambiente. Por ejemplo, si se produce una quema en un vertedero se liberan gases muy tóxicos para la salud. Pero no es menor cuando están acumulados a cielo abierto, porque en ellos, por su forma característica, suele depositarse agua y ser sitios ideales para la proliferación de mosquitos vectores de enfermedades y también roedores.

Dada la actual coyuntura, con la pandemia de COVID-19, no es factible llevar adelante el relevamiento de información de campo. Como contramedida, la utilización de entrevistas por videoconferencia con actores interesados o relacionados a la temática resultó fundamental.

Finalmente, es importante continuar con los procesos de investigación para estudiar y analizar redes logísticas reversas que permitan recuperar esos residuos, tratarlos y mantener sus componentes circulando en la economía, para disminuir la huella ambiental, los costos y el impacto social que genera una disposición final inadecuada.

5. REFERENCIAS

- [1] Camós, J., 2012. *www.circulaseguro.com*. [En línea] Available at: <https://www.circulaseguro.com/que-es-el-neumatico/>
- [2] Pearce, D. & Turner, R., 1989. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- [3] Brundtlan, G. H., 1987. *Nuestro Futuro Común*, New York: Organización de las Naciones Unidas.
- [4] Manjón, N., 2020. *7R: Rediseñar, Reducir, Reutilizar, Reparar, Renovar, Recuperar y Reciclar*. [En línea] Available at: <https://www.ecologiaverde.com/7r-redisenar-reducir-reutilizar-reparar-renovar-recuperar-y-reciclar-2066.html>
- [5] Ley Nacional 25.675, 2002. *Ley General del Ambiente*. Buenos Aires: SAIJ.
- [6] Porter, M., 1987. *Ventaja Competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. 12 ed. s.l.:Compañía Editorial Continental.
- [7] Johnson, G., Scholes, K. & Whittington, R., 2006. *Dirección Estratégica*. Séptima ed. Madrid: Pearson Educación.
- [8] AFAC, 2018. *Flota circulante de vehículos en Argentina 2018*. [En línea] Available at: <http://www.afac.org.ar/paginas/noticia.php?id=3449>
- [9] SYRSA Automoción, 2020. *¿Cuántos kilómetros dura un neumático?*. [En línea] Available at: https://syrsa.com/noticias_-cuantos-km-resiste-un-neumatico-272.html#:~:text=Un%20neum%C3%A1tico%20tiene%20vida%20de%20buena%20calidad.
- [10] Turbo Seguros, 2020. *Un camión recorre en 4 años la distancia entre la Tierra y la Luna*. [En línea] Available at: <https://www.turboseguros.com/blog/informacion-y-curiosidades/camion-recorre-en-4-anos-la-distancia-entre-la-tierra-la-Luna/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20datos%20oficiales%2C%20los%20conductores,puede%20alcanzar%20los%2081.000%20kil%C3%B3metros>.
- [11] Nalebuff, B. & Brandenburger, A. M., 1997. *Coo-petencia*. Buenos Aires: Norma. Oponeo, 2019. *¿Cuánto pesa un neumático?*. [En línea] Available at: <https://www.oponeo.es/blog/cuanto-pesa-un-neumatico#:~:text=Un%20neum%C3%A1tico%20de%20la%20medida,8%2C%20y%209%20kg>.
- [12] Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística, 2019. *NUEVOS VEHÍCULOS, MÁS CARGA*. [En línea] Available at: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/dnptcy/nuevos_vehiculos_modificaciones_normativas_may2019.pdf
- [13] Revista Lima, 2019. *Argentina desecha anualmente 130 mil toneladas de neumáticos y el INTI trabaja en la solución*. [En línea] Available at: <https://revistalima.com.ar/2017/08/09/argentina-desecha-anualmente-130-mil-toneladas-de-neumaticos-y-el-inti-trabaja-en-la-solucion/>
- [14] Agencia Télam, 2017. *Una iniciativa busca que los municipios envíen neumáticos usados a reciclar*. [En línea] Available at: <https://www.telam.com.ar/notas/201706/192625-inti-proyecto-municipios-reciclado-neumaticos-planta-ceamse.html>
- [15] Worms, 2020. *Worms*. [En línea] Available at: <https://wormsargentina.com/reciclado-de-neumaticos-fuera-de-uso>
- [16] de Mendoza, D., 2016. Inaugurarán en Luján una planta para tratar neumáticos viejos. *Uno Santa Fe*, 02 12.
- [17] Rodríguez, D., 2018. *Reciclado de neumáticos* [Entrevista] (24 09 2018).
- [18] Campbell-Johnston, K. y otros, 2020. *How circular is your tyre: Experiences with extended producer responsibility from a circular economy perspective*. [En línea] Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620320898?via%3DIhub>
- [19] AFAC, 2018. *Flota circulante de vehículos en Argentina 2018*. [En línea] Available at: <http://www.afac.org.ar/paginas/noticia.php?id=3449>

Evaluación de factibilidad técnica de la producción cordobesa de partes mecánicas de aerogeneradores.

Algañaraz, Mariel. E.*; Scagliotti Olmedo, M., Castagno, Santiago N.**, Bonaiuti, Ricardo., Alfarano, Javier; Nacuse, Nasif. O.

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Córdoba

5016 - Córdoba. República Argentina

*marielalgaaraz@outlook.com ** santicastagno@gmail.com

RESUMEN

En Argentina se instalaron 73 parques eólicos en el contexto de la Ley 27.191. Considerando que la mayor generación de empleo está dada durante la manufactura de los equipos y que el 97,26% de ellos es tecnología europea y de acuerdo al marco que establecen las metas de no emisión de GEI establecidas en el Acuerdo de París es que se proyecta que la energía eólica estará en alza sostenida. El objetivo de este trabajo es determinar si es posible desde el punto de vista técnico fabricar componentes de generadores eólicos en la provincia de Córdoba, con el propósito macro de dar a las metalmecánicas cordobesas una herramienta para evaluar los propios recursos.

La metodología empleada para éste trabajo se centró en el estudio de los componentes de la caja multiplicadora tipo, determinando los parámetros de fabricación para un posterior contraste con los recursos disponibles en campo a través de entrevistas a metalmecánicas de la provincia de Córdoba.

Palabras Claves: Energía Eólica – Epicycloidal – Engranajes – Aerogenerador – Argentina – Córdoba

ABSTRACT

In Argentina, 73 wind farms were installed because of the Law 27.191. Considering that the equipment manufacture is the one that generates the greatest employment amount, that 97,26% of the equipment is imported from Europe, and according to the framework established by the non-GHG emission goals established in the Paris Agreement, it is projected that wind power will be on a sustained rise. The objective of this work is to determine if it is possible from a technical point of view to manufacture components of wind generators in the province of Córdoba, with the macro purpose of giving the Cordovan metalworking companies a tool to evaluate their own resources.

The methodology used for this work focuses on the study of the average gearbox and its components to determine the manufacturing parameters for a subsequent contrast with the resources available in the field through interviews with metal mechanics in the province of Córdoba.

Keywords: Wind energy – Epicycloidal – Gears – Wind - Generator – Argentina - Cordoba

1. INTRODUCCIÓN

La energía eólica se ha expandido a grandes saltos en los últimos 20 años, comenzó el siglo como fuente de nicho en Europa y los EEUU y terminó 2019 como fuente principal de energía limpia y competitiva en cuanto a costos en el mundo alcanzando un hito global de 651 GW acumulados de capacidad instalada [1].

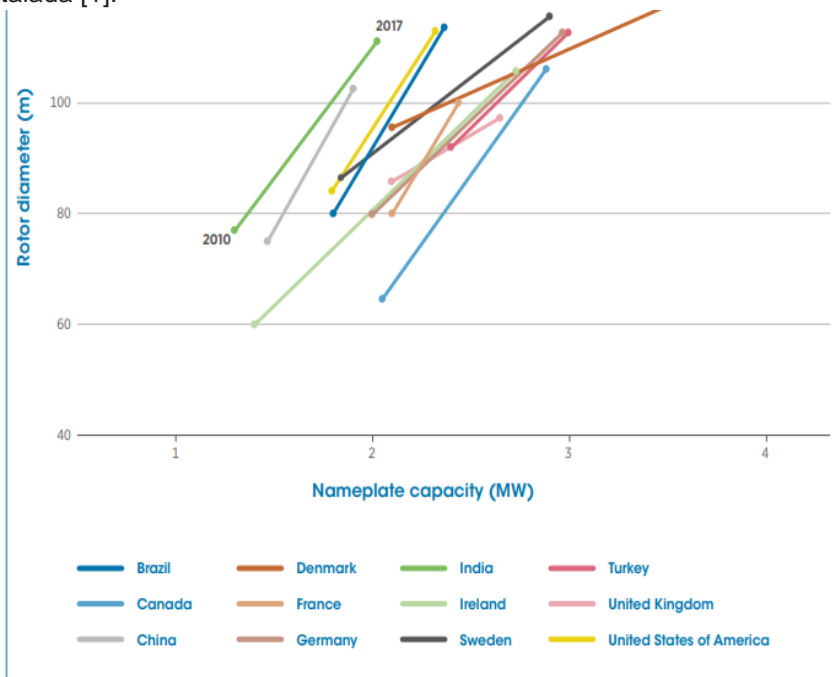


Figura 1: Evolución del promedio ponderado del diámetro del rotor y de la capacidad nominal, 2010 – 2018. Fuente: Basado CanWEA 2016; IEA Wind 2019, Wiser and Bollinger 2018, Danish Energy Agency 2019, and Wood Mackenzie, 2019.

Este rápido crecimiento del mercado eólico terrestre se explica parcialmente por un aumento en el diámetro de los rotores con el consecuente incremento de capacidad de las turbinas, que funcionan capturando la energía cinética del viento convirtiéndola en energía rotacional en el rotor a través del eje principal, la caja de engranajes (de acuerdo al tipo de turbina sujeto de éste trabajo) y el generador. La potencia contenida en el viento entonces, está determinada según:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Puede observarse que el área (A) “área de barrido del rotor” es el único factor de diseño que interfiere en la potencia que podría extraerse de la energía cinética del viento.

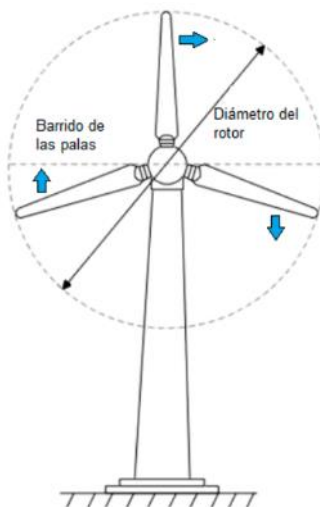


Figura 2: Vista frontal de Aerogenerador. Esquema Rotor.

Los otros factores son no constructivos y dependientes del sitio de emplazamiento siendo ρ la densidad del aire y v la velocidad del viento que impacta en el rotor.

Las turbinas eólicas instaladas tienen una capacidad de potencia que oscila mundialmente en 1,9 MW a 3,5 MW [2] con diámetros de rotor de 97 a 118 m.

1.1 Esquema de funcionamiento

Al impactar en las aspas la energía cinética del viento se convierte en energía mecánica, que hace girar el rotor. El rotor está conectado mediante un sistema de rodamiento al eje principal o también llamado eje lento, que transmite esa energía mecánica a la caja de engranajes que, en etapas, aumenta la velocidad de giro del eje, transmitiendo esta energía al generador a través del eje rápido.

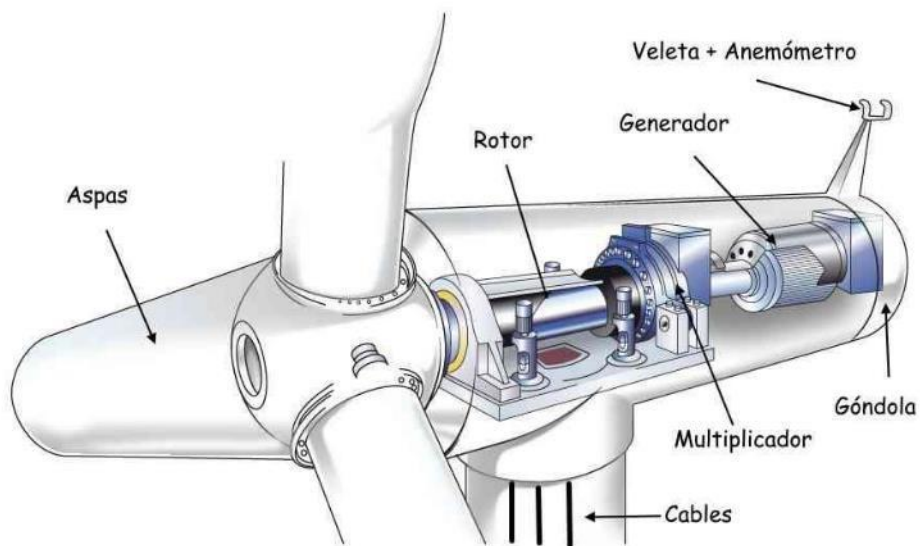


Figura 8: Sistema de transmisión.

Las cajas multiplicadoras ajustan la velocidad de rotación del rotor de baja velocidad conectado al buje – rotor que gira a razón de 3 a 35 rpm, con la velocidad de rotación del generador de alta velocidad que en un sistema de 50 Hz implica 1500 rpm y en uno de 60 Hz 1800 rpm [9] es necesario que la caja multiplicadora funcione en varias etapas para poder cubrir las diversas condiciones de viento que puedan presentarse.

El generador convierte la energía mecánica que suministra el eje de transmisión de etapa rápida, a energía eléctrica, es el “cliente interno” del sistema caja, por ende depende del tipo de generador, la configuración de la caja.

Existen 4 tipos de generadores útiles, quienes representan mayor cuota de mercado son el GIDA generador de inducción de doble alimentación con un 30% de la cuota de mercado y el FRC (full rated converter) generador con convertidor completo, también llamado máquina de inducción de jaula de ardilla. [9]

1.2 Mercado

En Argentina, según el relevo efectuado, el 58,8% de los aerogeneradores tienen potencias entre 3,1 y 4 MW. Siendo los más frecuentes los que tienen entre 3,1 y 3,5 MW. Constituye la moda de los aerogeneradores instalados el modelo Vestas V126-3.45.

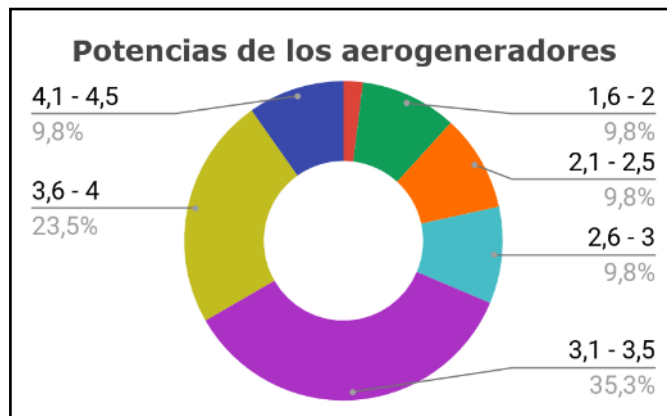


Figura 3: Distribución porcentual de potencias de aerogeneradores instaladas en Argentina, programa RenovAr y MATER. Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA.

El mercado eólico se ha visto acelerado en los últimos 10 años y se prevé sostenga su crecimiento a ritmo continuo, ya que para los 2 °C de límite al que se comprometieron los países en el acuerdo de París a 2030, debería triplicarse la capacidad de energía eólica terrestre mundial y aumentar 10 veces la capacidad instalada de energía [3], esta tendencia en alza está relacionada al hecho de que la energía eólica cuesta cada vez menos. El LCOE promedio de los parques eólicos terrestres recién puestos en marcha en Dinamarca, Alemania, Suecia y los Estados Unidos en 2018 fueron entre un 69% y un 83% más bajos que los instalados en 1983. Tanto los Estados Unidos como China tuvieron un promedio de LCOE de 0,05 dólares por kWh en 2018, mientras que Canadá, Dinamarca, India, el Reino Unido y Brasil promediaron 0,06 dólares/kWh en 2018 [2]. El promedio ponderado mundial de LCOE para la energía eólica terrestre se redujo en un 82% entre 1983 y 2018, período en el que la capacidad instalada acumulada aumentó a 540 GW [4].

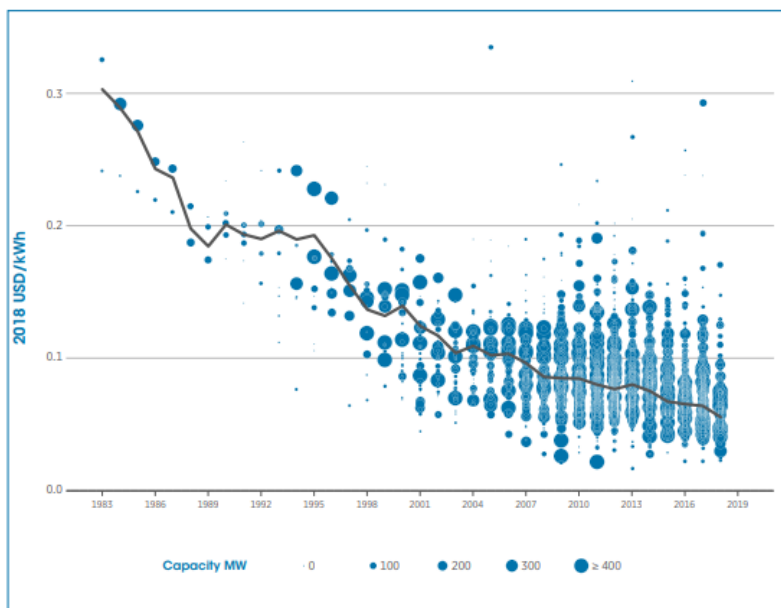


Figura 4: LCOE de los proyectos eólicos terrestres y promedio ponderado mundial por año de puesta en marcha. 1983 – 2018. Fuente: IRENA, (2018) Renewable Power Generation Costs.

De ese costo total, los costos de O&M suelen representar entre el 20 y el 25%. Los datos españoles indican que al menos del 60% de esta cantidad va estrictamente a O&M de la turbina y las instalaciones, costos de la mano de obra y piezas de repuesto. El 40% restante se divide en partes iguales entre el seguro, el alquiler de la tierra y los gastos generales [2]. Al aumentar la cantidad de parques eólicos, aumenta la necesidad de servicios, mano de obra y repuestos ligados a ésta tecnología, diferentes investigaciones de mercado como la de Zion 2019, proyecta que el mercado global de O&M para las turbinas eólicas aumentará de 12 000 USD millones en 2018 a 21 000 USD millones en 2025, lo que equivale a un incremento anual del 8.54 %.[5]

A nivel mundial la generación de empleo en el sector eólico significó en 2019 la creación de 11 millones de puestos de trabajo [6]. Este empleo se genera principalmente en el proceso de

manufactura de la turbina eólica, que es significativamente más algo que la cantidad de empleo generado como usuarios de la tecnología instalada en parques:



Figura 6: Cantidad de empleo en energía eólica. Fuente: Subsecretaría De Energías Renovables. Ministerio De Energía (2018) Generación De Empleo. Programa RenovAr y MATER

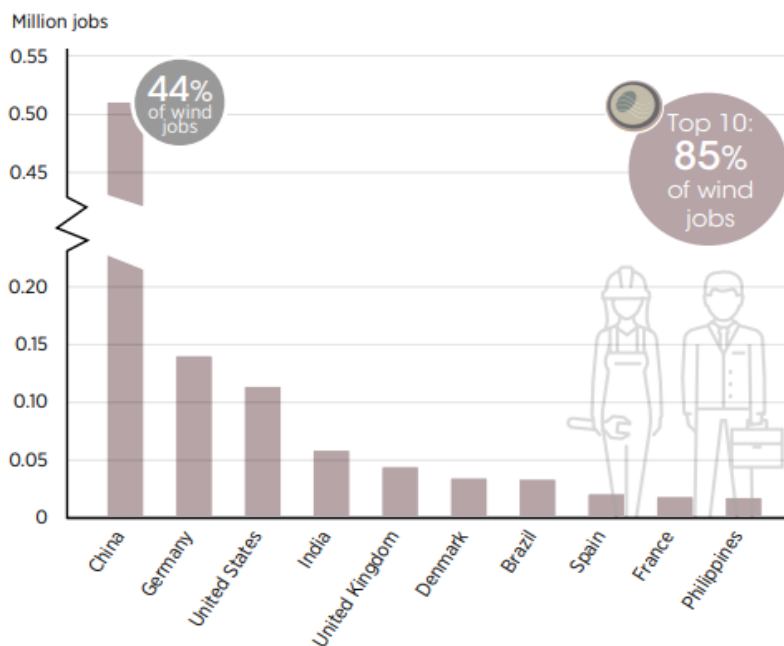


Figura 5: Top 10 de generación de empleo en energía eólica. Fuente: IRENA (2019) Renewable Energy and Jobs Annual Review.

El objetivo de éste trabajo se centra en determinar si es posible desde el punto de vista técnico fabricar componentes de generadores eólicos en la provincia de Córdoba, Argentina, con el propósito macro de dar a las metalmecánicas cordobesas una herramienta para evaluar los propios recursos, ya que durante los últimos 10 años se han instalado 73 parques eólicos de gran potencia en el país, en el contexto de las rondas del programa RenovAR incentivado por la Ley 29.191 de Fomento a Renovables.

De la totalidad de parques instalados el 58.8% de los aerogeneradores relevados fueron producidos bajo la marca Vestas, una compañía danesa dedicada a la fabricación, venta, instalación y mantenimiento de los mismos [7].

Marcas de los aerogeneradores

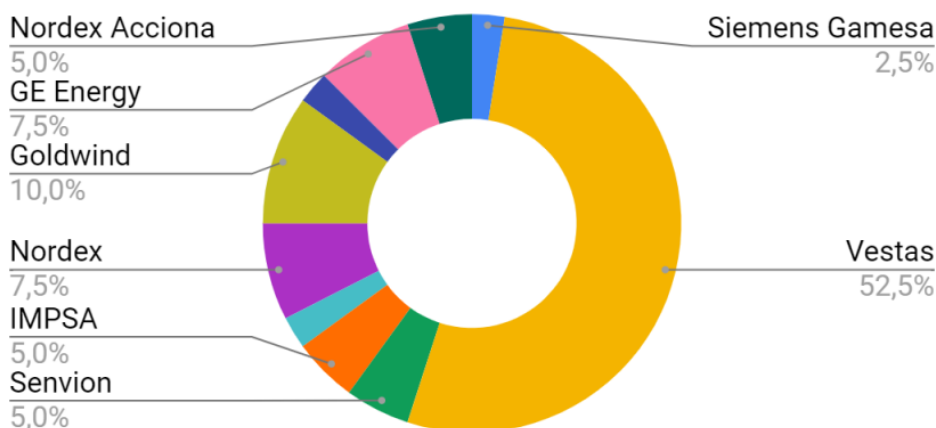


Figura 7: Distribución porcentual en base a fabricantes de turbinas instaladas en Argentina, programa RenovAr y MATER.

A continuación, se pueden ver en la primer tabla las manufactureras de componentes eólicos [8] sondeadas en base a búsqueda digital, dentro del territorio argentino.

Tabla 1: Manufactureras de tecnologías en Argentina.

MANUFACTURERAS DE COMPONENTES DE ALTA POTENCIA		
NRG Patagonia	Comodoro Rivadavia - Chubut	1,5 MW
IMPSA	Mendoza	2 MW

Tabla 2: Ensambladores de Nacelles en Argentina

Manufacturera	Ubicación
Nordex Group (Nordex-Acciona)	Córdoba- Córdoba-Av. Fuerza Aerea Argentina 5500
Vestas-Newsan	Buenos Aires- Campana- Av. Cnel. Larrabure
IMPSA	Mendoza-Godoy Cruz-Carril Rodríguez Peña 2451, M5503

2. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo consistió en una primera etapa con el proceso de interiorización acerca del funcionamiento del equipo, de macro a micro, se procedió a distinguir las partes componentes y entender cual es la función del componente en el conjunto.

Seguidamente, se tuvo la intención de dar paso al cálculo de los diámetros de los engranajes involucrados en la caja, con la intención de obtener los diámetros necesarios para obtener la potencia moda relevada en el estudio de mercado. Este cálculo se abandonó, por la complejidad del mismo y los plazos del proyecto.

Se procedió entonces a relevar antecedentes en el cálculo, obteniéndose los datos presentados en la sección 2.1 Caja de engranajes. En paralelo a la cuestión técnica, se encontró útil la profundización en la cuestión normativa respecto del diseño de los aerogeneradores, para ello se procedió a capacitación internacional no específica, lo hallado respecto a normativa se presenta en el apartado 2.2 Normativa para el diseño.

En una instancia superior se pretende que el apartado 2.1 sea discutido con el sector metalmecánico respecto a los recursos disponibles y el apartado 2.2 con las cámaras representantes. Es a partir de ese contraste valorativo que se estima será posible determinar la factibilidad de la producción cordobesa de estos equipos.

2.1 Caja de engranajes

Hay dos tipos de configuraciones posibles para turbinas eólicas, caja de engranajes de ejes paralelos y cajas de engranajes de ejes planetarios, las configuraciones suelen combinarse para

optimizar la eficiencia del diseño, por ejemplo en el modelo moda, la caja es de 3 niveles, 2 etapas planetarias y una etapa helicoidal [10].

Las cajas multiplicadoras de engranajes paralelos pueden fabricarse con relaciones de transmisión de hasta 1:5 por etapa, este tipo de cajas al ser más sencillas en cuanto al diseño respecto de las cajas planetarias, representan un coste menor, por lo que son las preferidas para turbinas eólicas de hasta 500 kW. [11] Las cajas multiplicadoras de engranajes planetarios tienen una relación de transmisión de hasta 1:12, son usadas con varias etapas para potencias mayores a 1MW.

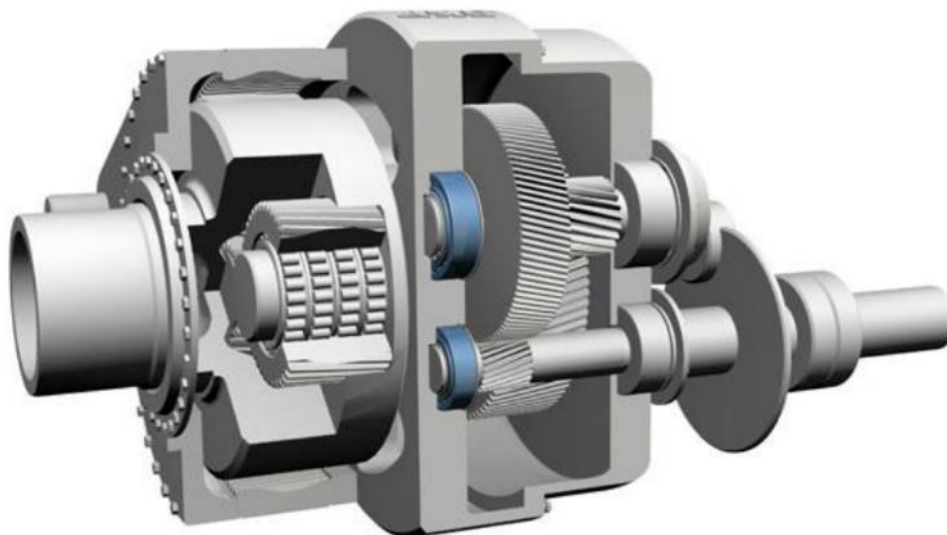


Figura 9: Ejemplo de caja multiplicadora de un aerogenerador. Fuente; J.G.Slootweg. *Representing Wind Turbine Electrical Generating Systems in Fundamental Frequency Simulations. Investigación. IEEE; 2003.*

Para la fabricación de los engranajes de las multiplicadoras se utiliza fundamentalmente acero aleado de dureza 30-42 RC. Una vez fabricadas las ruedas dentadas estas se someten a un tratamiento de cementado mediante el cual aumenta el contenido de carbono en la superficie y se logran durezas del orden de 58-63RC. Con este procedimiento se logra que el núcleo de la rueda sea dúctil mientras que la superficie debido a su dureza posea una alta durabilidad. [10]

1	Carcasa
2	Sol
3	Rotor de Turbina
4	Porta satélites
5	Corona
6	Satélite
7	Eje solar
8	Rueda
9	Eje central
10	Eje de alta velocidad

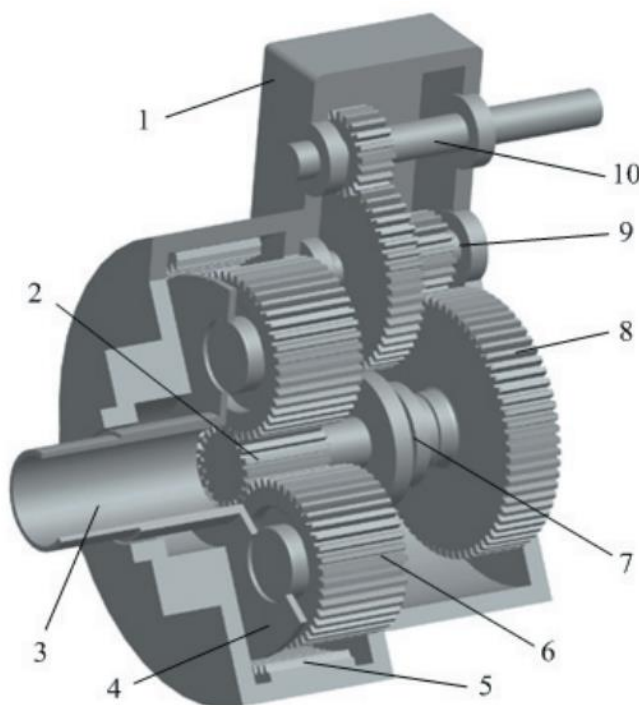


Figura 10: Estructura de una caja multiplicadora de un aerogenerador. Fuente: ISO/IEC 17025, (2005), *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.*

2.2 Normativa de diseño

La Norma IEC 61400 [12] define los requisitos de diseño para aerogeneradores, a continuación se presenta un extracto de estos requisitos.

Consideraciones para la fabricación de engranajes de la caja multiplicadora:

- Se diseñarán utilizando métodos de cálculo apropiados como se describe desde ISO 6336-1 hasta ISO 6336-3. Los valores de resistencia del material se derivarán de acuerdo con ISO 6336-5 y deberá corresponder al menos a la calidad MQ. Todas las tolerancias de fabricación relevantes y los desplazamientos se combinarán para el cálculo del factor de distribución de carga frontal según ISO 6336-1.
- El factor de seguridad SH para picaduras se calculará de acuerdo con ISO 6336-2 utilizando cualquiera de los métodos A o B. La regla directa del minero se aplicará para el cálculo de fatiga. La seguridad calculada el factor SH será 1,2. Este factor de seguridad SH incluye el factor de seguridad parcial por consecuencia, material y carga.
- El factor de seguridad SF para la flexión de los dientes se calculará de acuerdo con el método ISO 6336-3 A o B. Se utilizará la regla directa del minero. El factor de seguridad calculado SF debe ser al menos 1,45. Este factor de seguridad SF incluye el factor de seguridad parcial para consecuencia, material y carga.
- Para el desgaste, las cargas de fatiga no tienen importancia, pero incluso pocas cargas transitorias altas pueden iniciar esta falla especialmente con un acabado superficial insuficiente y a una alta temperatura del lubricante. La seguridad contra el desgaste se calculará utilizando un método relevante, por ejemplo como se describe en ISO / TR 13989-1. El factor de seguridad calculado SS debe ser al menos 1,3.
- Se debe tener especial cuidado para garantizar que los sistemas de enfriamiento y filtración puedan mantener estado de lubricación relevante en todo el rango de temperatura de funcionamiento siguiendo los especificados procedimientos de mantenimiento.

3. RESULTADOS

Para el dimensionamiento de la caja multiplicadora, se analizaron tesis, papers y documentos técnicos de los que obtener datos de los parámetros de fabricación para analizar en campo la capacidad técnica de las metalmecánicas. Se toma como base el diseño de la multiplicadora para una turbina eólica de 2,5 Mw con una etapa planetaria y dos etapas paralelas (Moya Rodríguez 2012) [12].

Datos:

Potencia 2500 Kw

rpm de entrada = 14, 7 rpm

rpm de salida = 1500

u total = 102,48

Método de Cálculo ISO 6336 2006. Método B

Material Acero 18CrNiMo 7-6 Templado y cementado para ambas ruedas ISO 6336-5 para ambas ruedas.

Lubricación por barboteo ACEITE ISO VG – 220

Vida 30000 horas

nsf y np factores de seguridad a la fatiga por flexión y a la picadura respectivamente.

Tabla 3: Tabla resumen de parámetros (Moya Rodríguez, 2012)

Tipo de engranaje		m [mm]	b[°]	B [mm]	Z	u	n _{sf} pie	n _p flanco	rpm in	rpm out
Fase 1 (planetario) aw= 1170.59	Planeta	25	20	750	29	6,1	2.0753	1.4961	14,7	89,6
	Satélites				59		1.4841	1.6988		
	Rueda				-148		3.2619	4.6910		
Fase 2 (paralelo) aw= 1096.66	Piñón	16	10	500	27	4	1.4003	1.3046	89,1	358,6
	Corona				108		1.4324	1.3751		
Fase 3 (paralelo) Aw= 830.05	Piñón Corona	12	20	220	25 105	4,2	1.5422 1.5658	1.2105 1.2.650	356	1504

Debido a la situación coyuntural actual, fue posible obtener un acercamiento a la maquinaria de una sólo metamecánica dentro del rango geográfico de estudio, resultando POSITIVA la factibilidad en cuanto a los requerimientos técnicos que se resumen en el cuadro anterior.

Sin embargo, estos resultados no son concluyentes, dado que existe normativa internacional para el diseño que debe cumplirse en el rubro, por lo que, aunque la factibilidad exclusivamente técnica, sea posible, está la cuestión normativa, que requerirá a priori, de un estudio más profundo y específico.

3. CONCLUSIONES.

Debido al porcentaje de avance del trabajo, las conclusiones aquí expuestas son parciales y no concluyentes, esto se debe a que la etapa última que consiste en el contraste de los recursos disponibles por las partes interesadas y los parámetros de fabricación de componentes esto tenía proyectado realizarse a través de visitas a metalmecánicas y entrevistas a las partes interesadas, pero debido a la coyuntura actual que nos atraviesa se ha visto imposibilitado.

Se resume:

- 1) La energía eólica es una tecnología en continuo desarrollo que organismos proyectan mantenga la tendencia de “en alza” en la cuota del mercado energético a nivel mundial y también en Argentina.
- 2) La generación de empleo que podría generar este nuevo nicho de mercado es una posibilidad que requiere ser estudiada y profundizada más allá que como proveedor de servicios.
- 3) Se requieren importantes inversiones para ingresar al mercado. La manufactura de componentes eólicos es una posibilidad que entendemos requiere ser acompañada por el Estado en el nivel que compete.
- 4) Las empresas responsables en desarrollar proyectos deben utilizar por norma, únicamente máquinas y equipos que hayan sido probados y certificados por instituciones independientes que estén acreditadas por la norma ISO/IEC 17025:2005 y de acuerdo a la norma IEC 61400.[12]
- 5) De la conclusión (4) se desprende que aunque la conclusión de éste trabajo, posterior a contrastación en campo con los recursos existentes, sea que efectivamente se tiene la capacidad de producir componentes de turbinas desde un punto de vista técnico respecto de la maquinaria, se requiere profundizar el estudio sobre la capacidad de las empresas de poder cumplir con los requisitos de la norma IEC 61400, lo que abre un nuevo interrogante: ¿Es posible certificar estas normas para nuestras metalmecánicas?

La conclusión última de éste trabajo es el hecho de que la factibilidad de hacer posible explotar este nuevo nicho de mercado no depende exclusivamente de los parámetros técnicos, en cuanto a factibilidad o no factibilidad. Sino que para éste nuevo mercado se potencia la necesidad de hacer una inversión importante en crear, aprender, desarrollar y acompañar para generar, usar y aprovechar nuestras capacidades para con nuestro recurso eólico, que requiere de trabajo sinérgico entre la industria y el Estado.

Cabe un análisis más profundo respecto a la normativa, lo que abre la posibilidad de estudiar si es posible crear mercado interno con normativas también internas como posibilidad, o estudiar si es factible la implementación de las normativas internacionales en la manufactura en el territorio.

4. REFERENCIAS.

- [1] World Wind Energy Association WWEA (2019) *Preliminary Statistics*
- [2] Søren Krohn (2019) *The Economics of Wind Energy A report by the European Wind Energy Association.*
- [3] IRENA (2015) *REthinking Energy: Renewable Energy and Climate Change.*
- [4] GWEC (2019) *Global Wind Energy Report.*
- [5] Zion Market Research (2019) *Global Wind Turbine Operations and Maintenance Market Is Expected To Reach Around USD 21 Billion By 2025.*
- [6] IRENA (2019) *Renewable Energy and Jobs Annual Review.*
- [7] Algañaraz, Mariel. Elizabeth.*; Scagliotti Olmedo, Miguel., Castagno, Santiago Néstor. (mayo, 2020). Relevo en base a Rondas RenovAR y MATER.
- [8] Extraído de la lista de fabricantes que participan en la lista de fortalecimiento del INTI.
- [9] Extraído de ETRELA
- [10] Moya Rodríguez, Jorge Laureano; Chagoyén Méndez, César A.; Ayushjav, Byambajargal ; Velázquez Pérez, José Alberto; Machado Rodríguez, Ángel S.; Goytisoló Espinosa, Rafael A. (2012) *Diseño de caja multiplicadora para turbinas eólicas.* Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica. Villa Clara, Cuba.
- [11] Ospina, Gina, Bogardo, Gerardo (2017). *Modelado de turbina eólica con generador de inducción para análisis de estabilidad de señal pequeña.* Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [12] ISO/IEC 17025, (2005), *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.*

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Jorge Laureano Moya Rodríguez, César A. Chagoyén Méndez, Luis Navoni, Juan Mastrolinardo y a Brigadier San Martín, por los importantes aportes para con este artículo y trabajo de campo.

También mencionar a la Dra. Clementi L., por su importante aporte a la rama de trabajo y al Dr. Barulich D. y la Dra. Dardati P. por ser docentes estimulantes para con la especialidad de los autores, a la Mgter. Carrizo B. por apoyar el desarrollo de nuevas ramas en cuanto a la investigación y al Ing. Cagnolo F. por ser un grato compañero en el campo eólico.

Por último También agradecer a nuestra querida Universidad Tecnológica Nacional, facultad regional Córdoba, por el apoyo constante para con el desarrollo de nuevos y jóvenes investigadores y a todo el personal que nos ha brindado su apoyo de una u otra manera para con este, nuestro primer artículo.

Herramientas de análisis multicriterios para la selección de residuos lignocelulosos orientados a la producción de biopolímeros

Riera, María Antonieta*; Palma, Ricardo⁽¹⁾

*Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí
Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Ecuador. maria.riera@utm.edu.ec
Universidad Nacional de Cuyo. Doctorado en Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina.
(1) Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina.*

RESUMEN

Los daños ambientales causados por la industrialización, ha motivado en los últimos años el uso de recursos naturales como fuente de materias primas para el desarrollo de nuevos productos. Entre ellos se encuentran las biomásas lignocelulósicas, que por lo general son residuos sin provecho y dado su contenido de glucosa, tienen gran potencial para ser utilizadas. Sin embargo, su empleo en cadenas de producción depende de factores como: disponibilidad, ubicación, especie de procedencia, composición, tecnología de procesamiento requerida, entre otros. Las herramientas de análisis multicriterios caracterizadas por su amplia aplicación, facilita la resolución de problemas de este tipo. En este contexto y considerando el objetivo 12 de desarrollo sostenible para el 2030 de producción y consumo responsable, se expone la aplicación de una técnica de análisis multicriterios, donde se hace una primera aproximación de un caso testigo en la costa del Ecuador, para la selección de residuos de tipo agroindustrial como materia prima en la producción de biopolímeros. La evaluación se hizo para los principales rubros cultivables de la zona: plátano, palma africana, maíz duro seco y arroz en cáscara, a través del proceso de jerarquía analítica según la metodología descrita por Saaty. Los criterios de decisión considerados fueron: Disponibilidad del residual, competencia de uso, costos y tecnología de procesamiento. Los resultados obtenidos arrojaron que el residuo del maíz con un 58,17% tiene mayor prioridad de ser seleccionado como fuente de materia prima. El cálculo en la razón de consistencia indica que los resultados obtenidos están sesgados. Pese a que se demostró la viabilidad de uso del proceso de jerarquía analítica para el caso de estudio presentado, se busca la participación de investigadores de América Latina interesados en el tema, para refinar el método utilizado.

Palabras Clave: Biopolímeros; bioplásticos; proceso de jerarquía analítica; residuos agroindustriales, toma de decisiones.

ABSTRACT

The environmental damage caused by industrialization has motivated in recent years the use of natural resources as a source of raw materials for the development of new products. Among them are lignocellulosic biomass, which are generally waste without profit and given their glucose content, have great potential to be used. However, its use in production chains depends on factors such as: availability, location, species of origin, composition, required processing technology, among others. Multicriteria analysis tools characterized by their wide application, facilitate the resolution of problems of this type. In this context and considering objective 12 of sustainable development for 2030 of responsible production and consumption, the application of a multicriteria analysis technique is exposed, where a first approximation of a control case is made on the coast of Ecuador, for the selection of waste from agroindustrial type as raw material in the production of biopolymers. The evaluation was made for the main cultivable crops in the area: banana, African palm, dry hard corn and paddy rice, through the analytical hierarchy process according to the methodology described by Saaty. The decision criteria considered were: availability of the residual, competence of use, costs and processing technology. The results obtained showed that the corn residue with 58.17% has a higher priority to be selected as a source of raw material. The calculation in the consistency ratio showed that the results obtained are biased. Despite the feasibility of using the analytical hierarchy process for the case study presented, the participation of researchers from Latin America interested in the subject is sought to refine the method used.

Keywords: Biopolymers; bioplastics; analytical hierarchy process; agro-industrial waste, decision making.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de plásticos data de los años 50 y desde sus inicios ha tenido una gran acogida, debido a las características que posee en cuanto a facilidad para ser moldeado, resistencia y bajo costo, que permiten su aplicabilidad en diversas áreas. La producción mundial de plástico ha aumentado exponencialmente en la última década, llegando a 359 millones de toneladas métricas para el año 2018 [1], incidiendo de la misma manera en el consumo de recursos fósiles para su fabricación. Se estima que cerca de un 4% de la producción mundial de petróleo y gas, se destina como materia prima para la producción de plásticos y entre un 3 y 4% adicional por concepto de energía para el proceso [2].

Las presiones ambientales causadas por el uso indiscriminado de petróleo para la obtención de plásticos, además de la problemática generada por la acumulación de residuos de este tipo en océanos y ecosistemas terrestres, muerte de algunas especies marinas, desprendimiento de gases tóxicos durante su quema y su lento proceso de degradación, ha motivado el desarrollo de nuevos materiales a partir de fuentes renovables. Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 2030, el número 12 trata de la producción y consumo responsable, que busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, mediante el uso eficiente de recursos, fomento de estilos de vida sostenibles, desligar el crecimiento económico de la degradación ambiental y crear conciencia en el individuo para que realice una compra reflexiva [3].

Una alternativa afín son los bioplásticos, que de acuerdo a la European Bioplastics conforman una familia de materiales, distinguidos por ser de base biológica, biodegradables o con ambas características [4]. Los almidones termoplásticos (TPS), el ácido poliláctico (APL) y los polihidroxicanoatos (PHAs), son tipos de bioplásticos que usan como materia prima glucosa extraída de algunos cereales [5], tubérculos [6], cultivos lignocelulosos no alimentarios [7], desperdicios alimentarios [8] y diferentes tipos de residuos entre los que destacan los generados en la agricultura y agroindustria [9-10]. Cáscaras, semillas, tallos, mazorcas, vainas, pinzotes y alimentos de rechazo por incumplimiento en las especificaciones de calidad, son ejemplos de residuos de este tipo, que debido a su composición podrían ser utilizados para la obtención de bioplásticos.

La selección de uno de estos residuos depende de una serie de variables, situación que puede estudiarse con las herramientas de toma de decisión multicriterios (MCDM), las cuales están basadas en modelos de investigación de operaciones y se emplean para la solución de problemas complejos que dependen de múltiples criterios o atributos de tipo cualitativo, cuantitativo o una mezcla de ambos [11]. Dependiendo del espacio de decisión, puede hablarse de toma de decisión con múltiples objetivos (MODM) o con múltiples atributos (MADM). A diferencia del MADM donde se busca hacer una elección en presencia de múltiples atributos, en el MODM no se dan las alternativas de decisión, sino un marco matemático para diseñar un conjunto de alternativas de decisión [12].

Dentro del enfoque de múltiples atributos, se cuenta con diversas metodologías. Entre ellas están la teoría de la utilidad de atributos múltiples (MAUT), usada para cuantificar el atractivo relativo de las alternativas de atributos múltiples [13]. El método Élimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), con dos etapas para resolver problemas [14], una llamada núcleo o clúster de soluciones más viables y otra que involucra las menos favorables. El método de organización de clasificación de preferencias para evaluaciones de enriquecimiento (PROMETHEE), que consiste en una función de preferencia asociada a cada criterio y a pesos que describen la importancia relativa existente [15]. El proceso de jerarquía analítica (AHP) de Saaty, que permite formular el problema de manera jerárquica mezclando criterios cuantitativos y cualitativos [16], entre otros.

El proceso de jerarquía analítica, es una teoría de medición que descompone un problema complejo en una estructura jerárquica de varios niveles de objetivos, criterios, subcriterios y alternativas para la toma de decisiones. Los criterios por lo general tienen diferente importancia y las alternativas a su vez, difieren en nuestra preferencia por ellos en cada criterio. El AHP usa el juicio de expertos para hacer comparaciones por pares, a través de una escala de juicios absolutos que busca representar, la dominancia de un elemento respecto a otro para un determinado atributo. A partir de esto, se deriva una escala de razón de magnitudes relativas expresadas en unidades de prioridad de cada conjunto de comparaciones. Luego se sintetiza al multiplicarlas por la prioridad de sus nodos principales y agregando para todos esos nodos y así obtener una clasificación de las alternativas [17–19].

Dada la sencillez del método, el AHP se ha implementado en la selección de proveedores para la creación de valor agregado en la cadena de suministro de agronegocios [20], para escoger fibras naturales como refuerzos de polímeros híbridos [21], al evaluar y analizar riesgos de inundación en áreas vulnerables [22] y de manera integrada con otras herramientas como por ejemplo los sistemas de información geográfica (SIG) para la ubicación de vertederos [23].

En base a estas consideraciones, se trabajó con el proceso de jerarquía analítica para la selección de residuos agroindustriales, con el fin de que sean utilizados como materia prima en el proceso de obtención de bioplásticos. La problemática descrita forma parte de un estudio doctoral y usa como caso testigo el Ecuador, el cual se caracteriza por ser un país con gran actividad agrícola destinada a la exportación y al autoconsumo, cuyos residuos tienen potencial de ser utilizados en el desarrollo de biomateriales con valor agregado. Es por ello que para la evaluación realizada se tomó como referencia la realidad de la provincia de Manabí, Ecuador, considerando su aplicación futura a todo el país, así como también en regiones con características similares al señalado.

2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo [24], al recolectar datos para medir los criterios de decisión establecidos, analizar las mediciones obtenidas y extraer conclusiones, en cuanto a la posibilidad de utilizar los residuos agroindustriales identificados, para el fin señalado. A su vez tiene un alcance exploratorio y descriptivo [24], al estudiar la aplicación de la metodología AHP en la selección de residuos agroindustriales como materia prima, un tema poco abordado tal como se plantea, con el cual se pretende escoger el más promisorio según los criterios evaluados. En este sentido, para el análisis multicriterios se utilizó la metodología propuesta por Saaty en 1980 [17, 25], basada en la jerarquización, comparación pareada, y en los pesos de importancia, de los criterios considerados, a través de los pasos siguientes:

- Definir el problema y tipo de conocimiento buscado.
- Estructurar la jerarquía de decisiones desde la parte superior, hasta el nivel más bajo.
- Construir un conjunto de matrices de comparación por pares, empleando la escala de valoración recomendada por Saaty (Tabla 1).

Tabla 1 Escala de valoración para la comparación en AHP

<i>Importancia</i>	<i>Definición</i>	<i>Explicación</i>
1	Igualmente importantes	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
7	Muy fuerte o importancia demostrada	Se favorece mucho una actividad sobre otra; su dominio demostrado en la práctica
9	Extrema importancia	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del orden más alto posible de afirmación
2, 4, 6, 8		Son intermedios de preferencia que se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores [26].
Recíprocos	Si la actividad <i>i</i> tiene asignado uno de los números distintos de cero anteriores en comparación con la actividad <i>j</i> , entonces <i>j</i> tiene el valor recíproco en comparación con <i>i</i>	

Fuente: Saaty, T (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, 1(1), p. 83-98

- Usar las prioridades obtenidas de las comparaciones para emplearlas en las prioridades del nivel inmediatamente inferior.
- Repetir el paso anterior para cada elemento, hasta obtener la prioridad global y continuar este proceso de pesaje y adición hasta obtener las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.

2.1. Definición del problema

El caso de estudio propuesto buscó seleccionar el residuo agroindustrial con mayores posibilidades de ser utilizado como materia prima para la producción de bioplásticos. Es un problema de análisis multicriterio, donde influyen una serie de factores para su elección. Para comenzar, se identificaron los cultivos con mayor labor de Manabí, provincia del Ecuador, tomando en consideración los datos reportados en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del año 2019

realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del país (INEC) [27], señalando que los cuatro rubros con mayor labor fueron el plátano, palma africana, maíz duro seco y arroz en cáscara (Tabla 2).

Tabla 2 Rubros cultivables de Manabí con mayor labor para el año 2019

Rubro cultivable	Plátano	Palma africana	Maíz duro seco	Arroz en cáscara
Producción (Tn)	322.861	85.545	415.245	13.543

Fuente: Elaborado a partir de las estadísticas agropecuarias de los cultivos de Manabí para el año 2019, ESPAC-INEC (2019).

Para identificar los residuos generados en cada caso, se realizaron entrevistas cualitativas de tipo abiertas, a los representantes de algunos centros de procesamiento de la provincia, definidas como reuniones para intercambiar información entre el entrevistador y el entrevistado, donde este último tiene toda la flexibilidad para manejarla [24]. La población estuvo conformada por un total de 68 establecimientos y la muestra fue calculada usando la Ecuación (1), teniendo en cuenta que se trata de una población finita.

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{d^2(N - 1) + Z^2 * P * Q} \quad (1)$$

n es la muestra, N es la población o universo, P la probabilidad de ocurrencia establecida en 0,50; Q la probabilidad de no ocurrencia (1 – p), Z el nivel de confianza el cual se fijó en 90% para un valor tabulado de 1,65 y el error de 10%. Se obtuvo una muestra de 45 establecimientos los cuales fueron seleccionados al azar. Con la información obtenida en las entrevistas realizadas, se conoció que una las salidas del procesamiento, corresponde a los diferentes tipos de residuos generados (Figura 1).

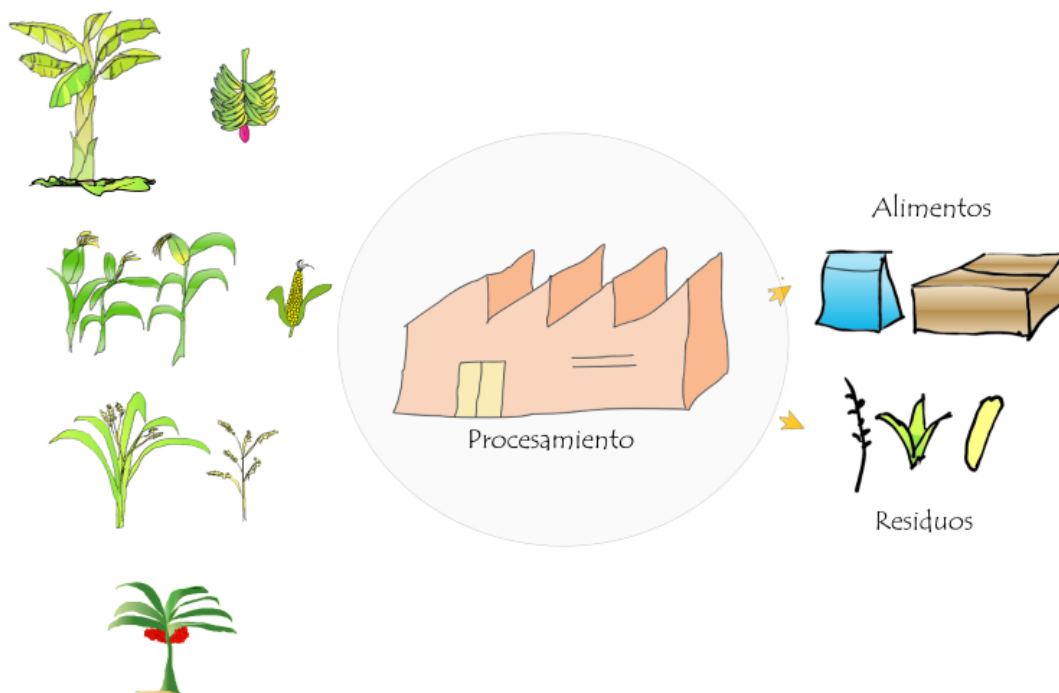


Figura 1 Esquema de residuos generados en el procesamiento de rubros cultivables para la provincia de Manabí.

Dado que en el Ecuador no existe un registro oficial de residuos agroindustriales generados [28], se estimó a partir de la producción anual de cada rubro y el porcentaje estimado del cultivo que se convierte en residuos, según la Ecuación (2).

$$\text{Cantidad estimada de residuos} = \text{Producción} \times \% \text{ de residuos} \quad (2)$$

El porcentaje de residuos varió para cada rubro de acuerdo a lo descrito en investigaciones previas. En este sentido, se consideró que se genera una cantidad de residuos en relación al total de la

producción, de 25% y 15% por la cáscara y raquis de plátano [29], 24% para la palma africana [30], 11,8% para el maíz [31] y entre 30 y 45% para el arroz [31].

2.2. Estructura jerárquica de las decisiones

Una vez identificados los residuos para los principales rubros cultivables, se establecieron los criterios de selección que influirían en la producción del bioplástico: disponibilidad del material, competencia del residuo con otra finalidad de uso, técnica de procesamiento requerida y costos de producción.

- Disponibilidad del residuo: Relacionado al tipo de residuo identificado para cada rubro cultivable y a la cantidad estimada de estos.
- Competencia de uso: Los residuos agroindustriales suelen ser dispuestos en el suelo, en vertederos o quemados al aire libre en el sitio de generación [28], aunque se han estudiado dentro del país otras aplicaciones. Los residuos del maíz [32-33], así como las cáscaras del plátano y la torta de palmiste (un residuo de la palma aceitera) [34] se han usado para alimentación animal. También se ha comprobado el potencial de la cascarilla de arroz como biocombustible [35].
- Método de procesamiento: Se refiere al método (mecánico, químico, biotecnológico o una combinación de ellos) que se debe utilizar para el procesamiento de cada residuo identificado, a fin de transformarlo en bioplástico.
- Costos de producción: Puede ser bajo, medio o alto y depende del método de procesamiento requerido. El método mecánico es el menos costoso, seguido del químico y por último el biotecnológico, que siendo el más costoso se caracteriza por requerir mano de obra altamente calificada para aplicar metodologías de procesamiento donde participan microorganismos.

2.3. Construcción de matrices de comparación por pares

El método de jerarquía analítica establece la construcción de matrices de juicios (a_{ij}) para la evaluación de criterios, haciendo la comparación por pares de las alternativas consideradas. Se asignan pesos a las alternativas de cada fila i ponderándolo con un valor x que va de 1 a 9, según la escala de valoración de Saaty y el recíproco de cada una de estas alternativas tendrá un valor de $1/x$. La diagonal de cada matriz será igual a 1, por corresponder a la comparación de la alternativa contra sí misma. El procedimiento descrito se repite para cada uno de los criterios considerados en la evaluación.

Las matrices obtenidas deben ser normalizadas dividiendo cada ponderación entre la sumatoria total de estas. Los valores de la matriz normalizada se usan para calcular el vector prioridad, el cual servirá para la evaluación final en la selección de las alternativas. Luego para los resultados obtenidos en cada criterio, se hace una medida de consistencia usando las Ecuaciones (3), (4) y (5) [19,36].

$$IC = (n_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

$$IA = 1,98(n - 2) / n \quad (4)$$

$$RC = CI / IA \quad (5)$$

Donde CI es el índice de consistencia, n_{\max} es el cociente más alto obtenido para cada criterio, n es la cantidad de criterios, IA es el índice de consistencia aleatoria y RC es la razón de consistencia. El valor que toma RC debe ser menor o igual a 0,10 para que los resultados sean aceptables, caso contrario se sugiere realizar una revisión de las valoraciones asignadas.

3. RESULTADOS

Para los principales rubros cultivables objeto de estudio, se identificaron los tipos de residuos generados, así como la cantidad estimada de cada uno de ellos (Tabla 3).

Tabla 3 Cantidad y tipos de residuos para los principales rubros cultivables de Manabí para el año 2019

Rubro cultivable	Tipo de residuos	Cantidad estimada de residuos (Tn)
Plátano	Cáscara, raquis, pinzote	129.144
Palma africana	Racimos vacíos, lodos o torta	20.531
Maíz duro	Polvillo, tusa, pelusa	49.830
Arroz en cáscara	Cascarilla, polvillo, arrocillo	4.063

Fuente: Calculado a partir de la producción reportada en las estadísticas agropecuarias de los cultivos de Manabí para el año 2019, ESPAC-INEC (2019).

Usando los criterios y alternativas de selección, se elaboró la estructura jerárquica de las decisiones para el caso estudiado (Figura 2).

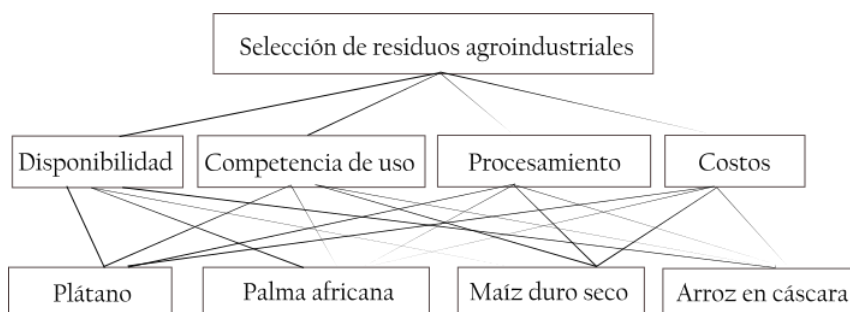


Figura 2 Estructura jerárquica de la selección de residuos agroindustriales en la provincia de Manabí para la producción del año 2019

Una vez que se ponderaron cada uno de los criterios y se construyeron las matrices, estas se normalizaron obteniendo como resultados los vectores de prioridad de cada uno de ellos, tal como se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Matriz normalizada y vector prioridad de cada criterio evaluado en la selección de residuos agroindustriales de la provincia de Manabí para la producción del año 2019

	CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE USO					CRITERIO: COMPETENCIA DE USO				
	Plátano	Palm a	Maíz	Arroz	Vector prioridad	Plátano	Palm a	Maíz	Arroz	Vector prioridad
Plátano	0,11	0,29	0,13	0,05	0,146	0,08	0,23	0,09	0,05	0,11
Palma	0,02	0,04	0,07	0,02	0,038	0,02	0,05	0,07	0,03	0,04
Maíz	0,55	0,38	0,66	0,77	0,589	0,53	0,41	0,63	0,69	0,57
Arroz	0,33	0,29	0,13	0,15	0,227	0,38	0,32	0,21	0,23	0,28

	CRITERIO: PROCESAMIENTO					CRITERIO: COSTOS				
	Plátano	Palm a	Maíz	Arroz	Vector prioridad	Plátano	Palm a	Maíz	Arroz	Vector prioridad
Plátano	0,11	0,21	0,12	0,07	0,128	0,11	0,19	0,13	0,05	0,12
Palma	0,04	0,07	0,12	0,04	0,067	0,04	0,06	0,09	0,03	0,06
Maíz	0,54	0,36	0,58	0,66	0,533	0,54	0,44	0,65	0,77	0,60
Arroz	0,32	0,36	0,19	0,22	0,273	0,32	0,31	0,13	0,15	0,23

MATRIZ DE CRITERIOS					
	Disponibilidad	Competencia	Procesamiento	Costos	Vector promedio
Disponibilidad	0,08	0,39	0,02	0,10	0,15
Competencia	0,01	0,06	0,04	0,10	0,05
Procesamiento	0,38	0,17	0,12	0,10	0,19
Costos	0,53	0,39	0,82	0,70	0,61

Con el vector prioridad de la matriz de criterios y el vector prioridad de cada uno de los criterios para las alternativas de decisión, se representó la prioridad de los criterios versus las alternativas (Figura 3), así como la prioridad global obtenida (Figura 4).

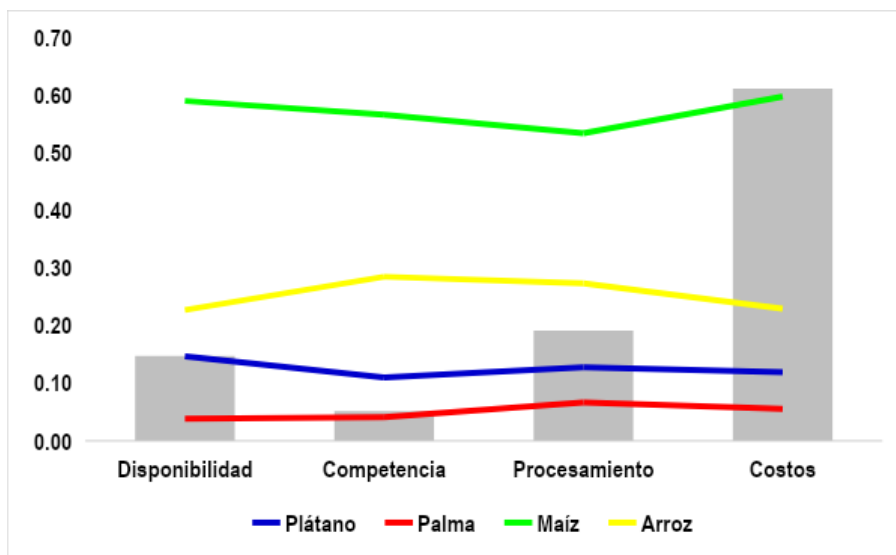


Figura 3 Prioridad de los criterios vs. Alternativas evaluadas en la selección de residuos agroindustriales de la provincia de Manabí para la producción del año 2019

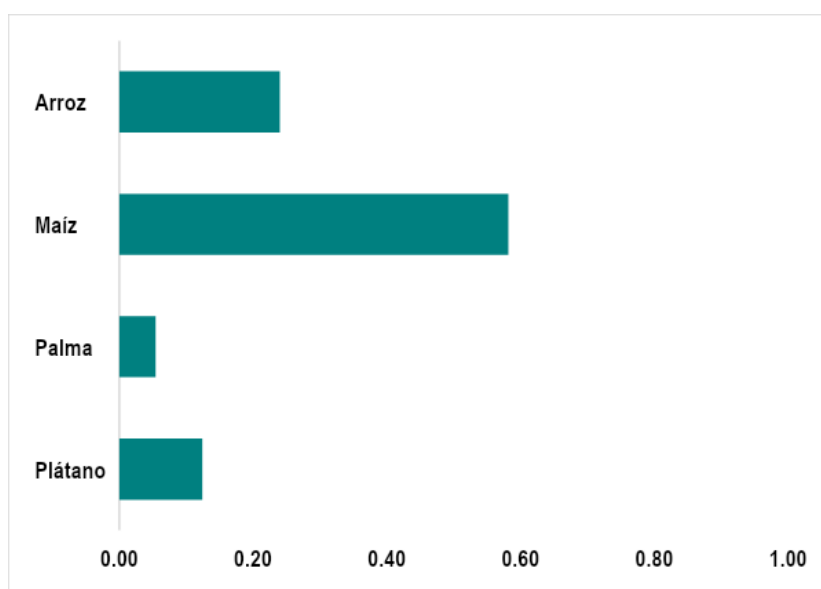


Figura 4 Prioridad de las alternativas evaluadas en la selección de residuos agroindustriales de la provincia de Manabí para la producción del año 2019

Por último, para cada uno de los criterios de decisión ponderados, se determinó la razón de consistencia (Tabla 5).

Tabla 5 Razón de consistencia obtenida evaluadas en la selección de residuos agroindustriales de la provincia de Manabí para la producción del año 2019

Matriz	RC
Disponibilidad	0,25
Competencia	0,20
Procesamiento	0,09
Costos	0,19
Criterios	0,71

Los resultados obtenidos indican que el criterio de mayor importancia al momento de seleccionar un residuo agroindustrial para su uso como materia prima en la obtención de bioplásticos, es el costo seguido de la tecnología de procesamiento. En cuanto a las prioridades calculadas, se encontró que el maíz es el residuo con mejores características para ser seleccionado con un 58,17%, seguido del arroz con un 24,00%. Sin embargo, todos los valores para la razón de consistencia, excepto para el criterio de procesamiento, fueron superiores a 0,10 lo cual indica que hay inconsistencia en la evaluación.

Requiso et al. [37], usaron el AHP junto con el Análisis Relacional de Gray (GRA), para evaluar residuos agrícolas lignocelulósicos como materia prima para reducir los costos en la producción de polihidroxicanoatos (PHA). En este trabajo, la eficiencia de conversión ocupó el primer lugar entre todos los criterios, seguido del contenido de celulosa y el costo de procesamiento. Al igual que este trabajo, encontraron que el rastrojo de maíz era el sustrato lignocelulósico más preferido para la producción de PHA, seguido por el pseudotallo de banano y el bagazo de caña de azúcar.

En otro trabajo Adeyeye et al. [38], emplearon el enfoque de optimización multicriterio y solución de compromiso (VIKOR), para identificar y clasificar la mejor fuente de almidón como materia prima en la producción de plásticos biodegradables. Se evaluó almidón proveniente de arroz, mandioca, patata irlandesa, maíz, ñame, malanga y batata. Los resultados señalaron como mejor opción el almidón de ñame, para el cual se consideraron los criterios: contenido de amilosa, disponibilidad por hectárea, costo de producción y porcentaje de alargamiento del bioplástico fabricado.

Investigaciones afines muestran que el proceso de jerarquía analítica, así como otras técnicas de análisis multicriterios, también pueden emplearse en la selección de biomásas lignocelulosas como es el caso de los residuos agroindustriales, para diseñar de manera sostenible biorefinerías [39] y obtener biocombustibles [40-41].

4. CONCLUSIONES

Las técnicas de análisis multicriterios permiten la selección de biomásas, para su revalorización a través de la obtención de bioproductos. A través del estudio realizado se demostró la utilidad del proceso de jerarquía analítica, para la selección de residuos agroindustriales como fuente de materia prima en la producción de bioplásticos. Entre los rubros evaluados se determinó que el maíz es el más promisorio, siempre que se valore con alta puntuación el criterio de costo seguido de tecnología de procesamiento. El resultado obtenido para la razón de consistencia, evidenció que los resultados obtenidos están sesgados. De las comparaciones con otras investigaciones, se infiere que la prioridad de las alternativas podría variar en dependencia de los criterios de decisión que se establezcan, así como del tipo de bioplástico que se espere obtener. Para una futura evaluación, es recomendable definir el bioplástico a obtener y en función a ello definir y ampliar los criterios de selección. En este sentido, se buscan investigadores en América Latina que estén interesados en trabajar en el método de toma de decisiones específicamente en la selección de residuos agroindustriales, para refinar el método descrito.

5. REFERENCIAS

- [1] Fernández, L. (2019). "Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2018". Statista. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de: <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>.
- [2] Hopewell, J.; Dvorak, R.; Kosior, E. (2009). "Plastics recycling: Challenges and opportunities". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364, 1526, 2115–2126, USA.
- [3] ONU, (s.f.). "El consumo y la producción sostenibles: un enfoque operacional sobre la sostenibilidad". Oneplanetnetwork. Recuperado el 16 de agosto de 2020 de: <https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/briefings.pdf>.
- [4] European Bioplastics e.V. (2017). "What are bioplastics?" European Bioplastics e.V. Recuperado el 20 de agosto de 2020 de: http://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf.
- [5] Marichelvam, M.; Jawaid, M.; Asim, M. (2019). "Corn and rice starch-based bio-plastics as alternative packaging materials". *Fibers*, 7, 4, 32. Suiza.
- [6] Priedniece, V.; Spalvins, K.; Ivanovs, K.; Pubule, J.; Blumberga, D. (2017). "Bioproducts from potatoes. A review". *Environmental and climate technologies*, 21, 1, 18–27. Letonia.
- [7] Brodin, M.; Vallejos, M.; Opedal, M. T.; Área, M. C.; Chinga-Carrasco, G. (2017). "Lignocellulosics as sustainable resources for production of bioplastics – A review". *Journal of Cleaner Production*, 160, 646–664. Países Bajos.
- [8] Tsang, Y. F.; Kumar, V.; Samadar, P.; Yang, Y.; Lee, J.; Ok, Y. S.; Hocheol, S.; Kim, K.-H.; Kwon, E.; Jeon, Y. J. (2019). "Production of bioplastic through food waste valorization". *Environment International*, 127, 625–644. Reino Unido.
- [9] Bilo, F.; Pandini, S.; Sartore, L.; Depero, L. E.; Gargiulo, G.; Bonassi, A.; Federici, S.; Bontempi, E. (2018). "A sustainable bioplastic obtained from rice straw". *Journal of Cleaner Production*, 200, pp. 357–368. Países Bajos.
- [10] Heredia-Guerrero, J. A.; Heredia, A.; Domínguez, E.; Cingolani, R.; Bayer, I. S.; Athanassiou, A.; Benítez, J. J. (2017). "Cutin from agro-waste as a raw material for the

- production of bioplastics”. *Journal of experimental botany*, Vol. 68, no. 19. pp. 5401–5410. Reino Unido.
- [11] Chen, S.-J.; Hwang, C.-L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications*. 1a ed. Vol. 375. Springer-Verlag. Berlín Heidelberg.
- [12] Kahraman, C. (2008). *Multi-Criteria Decision Making Methods and Fuzzy Sets*. En: Kahraman, Cengiz (eds). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*. Springer Optimization and Its Applications. Vol. 16. Springer. Boston.
- [13] Sarin, R. K. (2016). *Multi-attribute Utility Theory*. En: Gass, Saul I., Fu, Michael C. (eds). *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Springer, Boston.
- [14] Pinem, A.; Pungkasanti, P. (2018). “Application Elimination Et Choix Traduisant La REalité (ELECTRE) On Decission Support System”. *Jurnal Transformatika*, 15, 2, 106–113. Indonesia.
- [15] Behzadian, Majid; Kazemzadeh, Reza B.; Albadvi, Amir; Aghdasi, Mohammad. (2010). “PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications”. *European Journal of Operational Research*, 200, 1, 198–215. Holanda.
- [16] Taherdoost, H. (2017). “Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step by Step Approach”. *International Journal of Economics and Managment Systems*, 2, 244-246. Francia.
- [17] Saaty, T. (2008). “Decision making with the analytic hierarchy process”. *International Journal of Services Sciences*, 1, 1, 83–98. Suiza,
- [18] Saaty, T. (1990). “An Exposition of the AHP in Reply to the Paper ‘Remarks on the Analytic Hierarchy Process’”. *Management Science*, 36, 3, 259–268. USA
- [19] Saaty, T. (2004). “Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)”. *Journal of System Science and System Engineering*, 13, 1, 1–35. Alemania.
- [20] Bukhori, S.; Sukmawati, D. A.; Eka, W. (2018). “Selection of supplier using analytical hierarchy process: Creating value added in the supply chain agribusiness”. *4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology, CAIPT 2017*. Kuta Bali, Indonesia.
- [21] Naveen, J.; Jawaid, M.; Zainudin, E. S.; Sultan, M.; Yahaya, R. (2018). “Selection of natural fiber for hybrid kevlar/natural fiber reinforced polymer composites for personal body armor by using analytical hierarchy process”. *Frontiers in Materials*, 5, 52, 1-13. Suiza.
- [22] Dandapat, K.; Panda, G. K. (2017). “Flood vulnerability analysis and risk assessment using analytical hierarchy process”. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3, 1627–1646. Suiza.
- [23] Khodaparast, M.; Rajabi, A.; Edalat, A. (2018). “Municipal solid waste landfill siting by using GIS and analytical hierarchy process (AHP): a case study in Qom city, Iran”. *Environmental Earth Sciences*, 77, 52. Alemania.
- [24] Hernández-Sampieri, R.; Fernández, C.; Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México. 6ª ed. Mc Graw Hill Educación. México.
- [25] Yajure, C. A. (2015). “Comparación de los métodos multicriterio AHP y AHP Difuso en la selección de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir del carbón mineral”. *Scientia et Technica*, 20, 3, 255–260. Colombia.
- [26] Osorio-Gómez, J. C.; Orejuela-Cabrera, J. P. (2008). “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación”. *Scientia et Technica*, 14, 39, 247–252. Colombia.
- [27] INEC. (2020). “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019”. Recuperado el 29 de agosto de 2020 de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- [28] Gavilanes-Terán, I. (2016). “Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos”. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández. España.
- [29] Cortés-Hernández, H. F.; Martínez-Yépez, P. N.; Guarnizo-Franco, A.; Rodríguez-Espinoza, J. A. (2011). *Aprovechamiento integral de la planta del plátano*. Quindío: Editorial Ediciones Elizcom S.A.S. Colombia.
- [30] Cortés, C.; Cayón, Daniel; Aguirre, Víctor; Chaves, Bernardo. “Respuestas de palmas de vivero a la aplicación de residuos de la planta extractora I. Desarrollo vegetativo y distribución de materia seca”. *Palmas*, 27, 3, 23–32. Colombia.
- [31] Red española de compostaje (2014). *De Residuo a Recurso, El camino hacia la Sostenibilidad*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa libros s.a. España
- [32] Bonilla, S.; Usca, J. (2015). “Utilización de diferentes niveles de maíz de desecho con tusa molida más melaza en la alimentación de cuyes”. *Ciencia Unemi*, 8, 15, 96–101. Ecuador.
- [33] Torres, E.; Sánchez, A.; Díaz, R.; Solórzano, M.; Barrera, A.; Jácome, G. (2017). “Composición química de productos y subproductos agrícolas utilizados en alimentación animal por pequeños productores en la zona de Quevedo, Ecuador”. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6, 3, 217–229. Ecuador.

- [34] García; H. D.; Schulmeister, T.; Benítez, J; Ruiz, M.; Cuenca, J.; Ponce, C.; DiLorenzo, N. (2016). "Nutrición animal en sistemas tropicales: Uso de residuos agrícolas en la producción animal". *Maskana*, 6, 75–81. Ecuador.
- [35] Tipanluisa, L.; Moreno, G.; Guasumba, J. (2015). "Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo". *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 11, 37–43. Ecuador.
- [36] Saaty, T. (2001). "Deriving the AHP 1-9 scale from first principles," *Sixth International Symposium on Analytical Hierarchy Process*. Berna, Suiza.
- [37] Requiso, P. J.; Nayve, F. R. P.; Alfafara, C. G.; Ventura, R. L. G.; Escobar, E. C.; Ventura, J.-R. S. (2018). "Agricultural Residue Feedstock Selection for Polyhydroxyalkanoates Production using AHP-GRA". *Philippine Journal of Science*, 147, 4, 693–709. Filipinas.
- [38] Adeyeye, A.; Adeyemi, T. A.; Kehinde, T.; Olaleye, K.; Jegede, S. (2019). "Compromise Ranking Method to the Selection of Starch Source for the Production of Biodegradable Flexible Plastics". *International Journal of Engineering Research and Technology*, 12, 10, 1677–1686. India.
- [39] Julio, R.; Albet, J.; Vialle, C.; Vaca-García, C.; Sablayrolles, C. (2017). "Sustainable design of biorefinery processes: existing practices and new methodology". *Biofuels. Bioproducts and Biorefining*, 11, 2, 373-395. Reino Unido.
- [40] Madhu, P.; Kumar, C. N.; Anojkumar, L.; Matheswaran, M. (2018). "Selection of biomass materials for bio-oil yield: a hybrid multi-criteria decision making approach". *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20, 1377–1384. Alemania.
- [41] Wang, B.; Song, J.; Ren, J.; Li, K.; Duan, H.; Wang, X. (2019). "Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective". *Resources Conservation and Recycling*, 142, 78-87. Holanda.

Proceso alternativo para la obtención de zinc metálico a partir de silicatos de zinc

Suarez Fuentes, Juan Cancio*¹; Pantoja Carhuavilca, Hermes Yesser*²

Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad de Ing. Industrial

¹juan.suarez7@unmsm.edu.pe*

²hpantojac@unmsm.edu.pe*

RESUMEN

El Perú es un país con una inmensa cantidad de reservas mineras con una gran variedad de metales, la gran mayoría de los cuales se encuentran en forma de sulfuros y óxidos; En el caso de los minerales de azufre, estos se enriquecen en plantas concentradoras mediante procesos de flotación y posterior refinado, y en el caso de los minerales oxidados, estos se refinan en su mayoría mediante procesos de lixiviación, purificación y electrólisis. En el Perú existe un importante yacimiento de mineral de zinc que se encuentra principalmente como silicatos mineralógicamente conocido como hemimorfita ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$) acompañado de hidrocincita ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$) y smithsonita ($ZnCO_3$) y como contaminantes goethita ($FeO(OH)$), el objetivo de esta investigación es proponer un proceso alternativo para el refinado de este mineral de zinc, en este artículo se presentará una revisión bibliográfica sobre los diferentes procesos de enriquecimiento del mineral de zinc El estudio concluye con una evaluación de laboratorio del proceso alternativo de refinado de zinc para obtener un cátodo de zinc de alta pureza.

Palabras claves: Zinc – Silicato de zinc - Hidrometalurgia – Electrometalurgia.

ABSTRACT

Perú is a country with an immense amount of mineral reserves with a great variety of metals, the vast majority of which are in the form of sulfides and oxides; In the case of sulfur ores, these are enriched in concentrator plants through flotation and subsequent refining processes, and in the case of oxidized ores, they are mostly refined through leaching, purification and electrolysis processes. In Peru, there is an important deposit of zinc ore that is mainly found as silicates mineralogically known as hemimorphite ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$) accompanied by hydrozincite ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$) and smithsonite ($ZnCO_3$) and as contaminants goethite ($FeO(OH)$), the objective of this research is to propose an alternative process for the refining of this zinc mineral, in this article a bibliographic review on the different enrichment processes of zinc mineral will be presented. The study concludes with laboratory evaluation of the alternative zinc refining process to obtain a high purity zinc cathode.

Keywords: Zinc – Zinc Silicate - Hydrometallurgy – Electrometallurgy.

1. INTRODUCCIÓN

En la proyección del potencial al 2050 realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, el cobre es el metal de mayor aporte económico para el Perú, con el 69% del potencial total, seguido del oro (10%), Zn (6%), Fe (6%), Ag (5%), Mo (2%), Pb (1%) y otros (1%). En la hipótesis conservadora se tiene al cobre con el 68% del potencial total, seguido del oro (10%), zinc (7%), hierro (6%), plata (5%), molibdeno (2%), plomo (1%) y otros (1%). Lo que representa 60 millones de toneladas finas de Zn [1].

El beneficio económico estimado acumulado que queda para el estado peruano hasta el 2050, derivado del aprovechamiento de nuestros recursos minerales metálicos sería del orden de los US\$ 734 mil millones. En la hipótesis conservadora es de US\$ 547 mil millones [1].

El proceso se inicia con la concentración por flotación del mineral de zinc, luego este concentrado es transportado a una fundición y refinería. El concentrado es oxidado a la forma de (ZnO) en hornos de tostación y el producto se denomina calcina. La calcina es luego lixiviada o disuelta mediante ácido sulfúrico para formar una solución de sulfato de zinc ($ZnSO_4$), esta solución pasa a la etapa de purificación donde el sulfato de zinc en solución es separado de otros elementos no deseables precipitándolos como sulfatos insolubles. La solución purificada se somete a una electro deposición, en que al suministrarse corriente directa los iones zinc se adhieren al cátodo, que es una plancha de acero inoxidable formando una lámina de zinc de alta pureza. Estas láminas se retiran, funden y moldean en lingote para su comercialización [2].

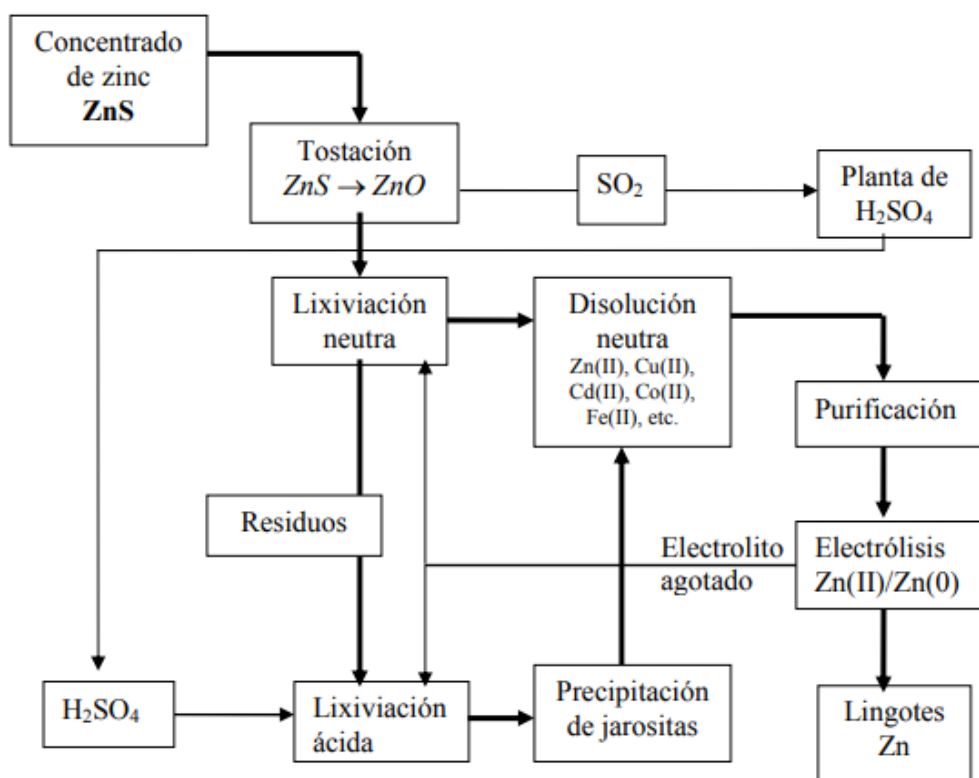


Figura 1: Etapas de la fabricación de zinc a partir un concentrado de sulfuro de zinc [Recendiz Medina, A.,2009]

En el Perú se cuenta con una refinería de zinc, este complejo metalúrgico se encuentra ubicado en Cajamarquilla en el departamento de Lima.

El uso principal del zinc metálico es para recubrir el acero mediante el proceso de galvanización para protegerlo de la corrosión atmosférica. El producto galvanizado puede ser utilizado en diferentes formas, calaminas para techos, alambres galvanizados para cables, tuberías y conexiones [2].

1.1 Objetivo

Este trabajo tiene por objetivo compartir un informe parcial, sobre el proceso alternativo para la refinación de minerales silicatos de zinc en el Perú.

2. DEFINICIONES

La metalurgia extractiva puede ser hidrometalurgia, pirometalurgia o electrometalurgia. La hidrometalurgia involucra solventes para la extracción de metales, mientras que la pirometalurgia involucra calor. Estos procesos separan los metales de sus minerales procesados y también generan grandes cantidades de desechos metalúrgicos, como emisiones gaseosas, polvo, escorias, lodos, lodos, minerales gastados y residuos [3].

Diversos investigadores siguieron la línea de obtención electrolítica del Zinc, hasta que, en 1903, La Consolidated Mining & Smelting Co, de Trail Columbia británica y la Anaconda Copper Co, en Anaconda (Montana) llegaron a una solución satisfactoria para la obtención de un lixiviado a partir de soluciones de ácido sulfúrico diluido [4]

En 1915 ambas construyeron las que serían las primeras plantas industriales modernas de electrometalurgia del zinc. En ambos casos, se partía de un sulfuro complejo que era tostado, para posteriormente ser lixiviado con una solución de ácido sulfúrico diluido, purificando la solución obtenida y sometiéndola a una electrolisis, para obtener en el cátodo el zinc y regenerar el ácido sulfúrico en los ánodos [5].

La vía hidrometalúrgica, que arranca en 1915 de modo industrial requerirá también de una fuente de generación eléctrica de gran potencia, por esa razón durante la etapa inicial las grandes factorías electrometalúrgicas como las de las empresas pioneras en esta tecnología se instalaron en las cercanías de las grandes centrales hidroeléctricas del país. La calidad del zinc producido, la automatización del proceso, el aprovechamiento de los subproductos para fabricación de ácido sulfúrico y las recuperaciones secundarias de metales como mercurio o germanio han convertido a esta vía en el estándar en la industria del zinc [6].

La extracción por vía húmeda o hidrometalurgia se efectúa generalmente por una secuencia de etapas que contempla: la lixiviación del metal valioso a partir del mineral utilizando un reactivo acuoso, la purificación y/o concentración de la disolución y la precipitación del metal mediante métodos químicos o electroquímicos [7].

La extracción puede continuarse con el afino o refino. Con esta nueva etapa de tratamiento se persigue un ajuste en la concentración de impurezas, lo cual se realiza a través de métodos pirometalúrgico o electroquímicos. El refino pirometalúrgico es, normalmente, una oxidación de impurezas seguida de una desoxidación cuidadosa del metal puro, aunque a través de esta posibilidad de vía seca es difícil alcanzar un grado de pureza elevado. Así, cuando se requiere una pureza extrema es necesario aplicar, algunas veces, técnicas complementarias como las de alto vacío. Otras veces, el afino por destilación es suficiente. Sobre todo, con los metales muy reactivos, se suelen aplicar técnicas que se han dado en llamar de preafino. En este caso, el metal se afina cuando se encuentra todavía formando un compuesto sin reducir, lo cual se consigue por etapas de tratamiento hidrometalúrgico o bien utilizando destilación fraccionada. Entonces, se obtiene un compuesto muy puro que es tratado con técnicas de reducción convencionales, por métodos de descomposición térmica o por electrolisis de sales fundidas [7].

El electrolito alimentado a las celdas de electrolisis debe mantenerse siempre en las mismas concentraciones de zinc, por lo que la disolución purificada se mezcla con una parte del electrolito agotado para alimentar las concentraciones adecuadas al electrolisis de zinc [8]

. El electrolito, dependiendo de la planta metalúrgica, tiene una composición de 55 a 80 g L⁻¹ Zn(II) y 2 a 12 g L⁻¹ Mn(II) en 110 a 200 g L⁻¹ H₂SO₄, más impurezas [9]

El electrolito agotado con una concentración de 50 g L⁻¹ Zn(II) y 200 g L⁻¹ H₂SO₄, es enviado nuevamente a lixiviación para disolver el mineral [10].

3. DESARROLLO

El proceso de refinación para el mineral de silicato de zinc se muestra en la figura 2

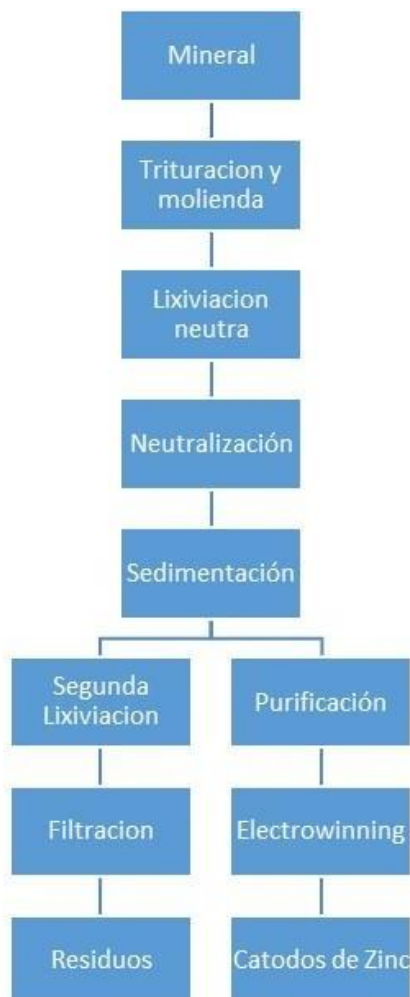


Figura 2: Proceso de refinación de los minerales silicatos de zinc. Elaboración Propia.

3.1. Mineralogía del mineral de zinc

El mineral de zinc fue sometida a estudio mineralógico por laminas delgadas, En la tabla 1 se muestra el análisis.

Tabla 1 - Composición mineralógica del mineral de zinc

DENOMINACIÓN	DENOMINACIÓN	TENIDO (%)
Hidrozinquita	$Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$	9 – 31
Hemimorfita	$Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$	16 – 26
Smithsonita	$ZnCO_3$	0 – 9
Calcita	$CaCO_3$	8 – 37
Cuarzo	SiO_2	5 – 8
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	0 - 4
Goetita	$FeO(OH)$	15 - 39
Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	0 - 1
Arcillas	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	0 - 6

3.2. Molienda del mineral

Previo al proceso de molienda el mineral es chancado 100% menor a ½ pulgada.

Después del chancado el mineral es molido El producto de la molienda tiene un tamaño de partícula de 80% pasante a malla 325.

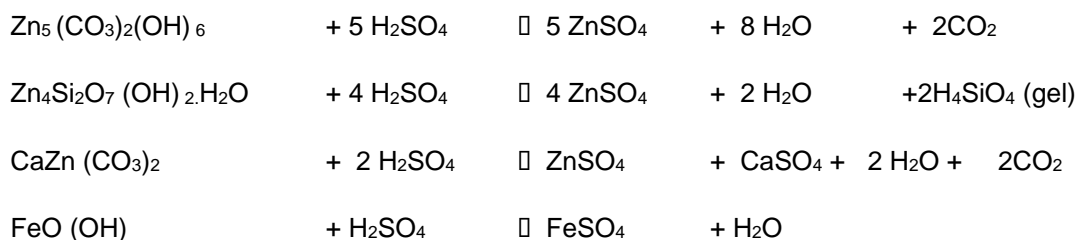
3.3. Lixiviación del mineral de zinc

La lixiviación tiene por objeto disolver el zinc (metal valioso) que contiene el mineral; al mismo tiempo también se disuelven otros elementos más electropositivos que el zinc como son el Cd, Co, Ni, Cu, As, Sb, Fe, Si, Al los cuales tienen que ser separados del circuito en las etapas posteriores.

En el tanque de acondicionamiento de soluciones se mezclan el electrolito agotado de las celdas electrolíticas con solución proveniente de la etapa de filtración hasta obtener una solución con 80 g/L de H₂SO₄. La lixiviación se realiza con un pH de 1.5.

La recuperación del zinc en esta etapa es de 90-92% de Zinc.

Las principales reacciones que ocurren en esta son:



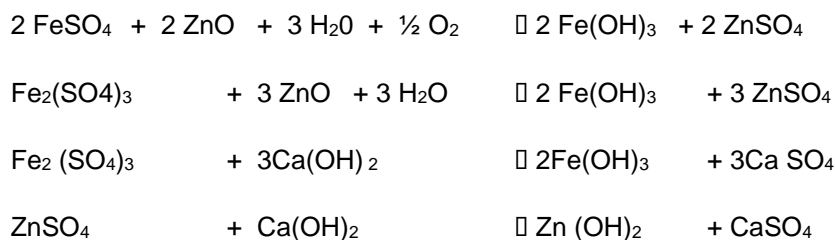
3.3. Neutralización

La Neutralización tiene por objeto precipitar impurezas tales como el Fe, Si, Al, los cuales a un pH de 4.0 a 5 se pueden precipitar en forma de hidróxidos, además otras impurezas como el As, Sb y Ge coprecipitan junto a los hidróxidos antes mencionados, de esta manera la neutralización se considera como una etapa de purificación.

La solución proveniente de la lixiviación es alimentada al proceso de neutralización, la neutralización se realiza adicionando el mismo mineral de zinc hasta un pH de 4.5 a 4.8 a estas condiciones logra precipitar el Fe, Si, Al y por arrastre también precipitan el Ge, As y Sb.

En este proceso de neutralización es necesarios mantener una temperatura de 90°C para acelerar la reacción.

Las principales reacciones que ocurren en esta etapa son:



3.4. Sedimentación

Se realiza con el objeto de separar el sólido y el líquido (Solución rica impura), mediante la adición de floculante.

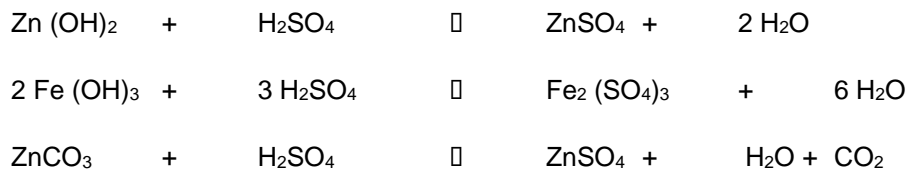
La pulpa neutralizada con un pH entre 4.5 y 4.8 es alimentado a un sedimentador donde se adiciona floculante. La fase líquida El Over flow de espesador debe contener una mínima cantidad de sólidos y esta solución es enviada al proceso de purificación, mientras que el underflow es enviado hacia la segunda etapa de lixiviación.

3.5. Segunda lixiviación

El proceso ocurre a temperatura de 90°C y acidez de 25-30g/L para lo cual se adiciona electrolito agotado y ácido sulfúrico.

La alta temperatura favorece la cinética de reacción y la precipitación de sílice y alúmina de esta forma la velocidad de filtración es mayor y las impurezas se eliminan del circuito junto con el residuo.

Las principales reacciones en esta etapa son:



3.6. Filtración

El objetivo es de sacar fuera del circuito de la planta el material estéril. Así como los elementos contaminantes tales como Fe, Si, Al, etc.

La solución del filtrada con un contenido aproximado de 121 g/l de Zn es enviado hacia el proceso de primera lixiviación.

3.7. Purificación

La Purificación tiene por objeto, reducir las impurezas que contiene la solución tales como el Cu, Cd, Co, Ni, TI, a valores bajos que permitan obtener una alta eficiencia de corriente en la Electro deposición y una calidad de zinc SHG. Se realiza en dos etapas:

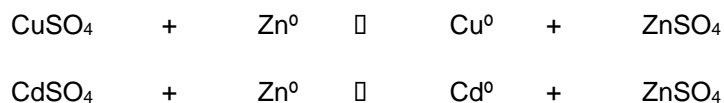
- Cementación de Cu y Cd.
- Cementación de Co y Ni.

3.7.1. Cementación de Cu y Cd

Tiene por finalidad lograr la precipitación del Cu, Cd y parcialmente de Co y Ni, mediante la adición de Polvo de Zinc.

A la solución proveniente del sedimentador se le dosifica polvo de zinc con granulometría menor a 40 µm, luego de completar la reacción la suspensión es enviada hacia unos filtros prensa.

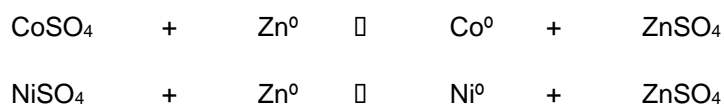
En los filtros prensa se separan los residuos de Cobre y Cadmio, las reacciones que se tienen son las siguientes:



3.7.2. Cementación de Co y Ni

En esta etapa se logra la precipitación del Co, Ni y otras impurezas con la adición de polvo de Zn menor a 40 µm.

La solución que viene de la primera etapa de purificación es acondicionada a 90°C para lograr la reducción del Co y Ni por la adición del polvo de zinc. Después de haber cumplido con la reacción, la solución es enviada a un filtro para separar el Co y Ni cementado, las reacciones son las siguientes:



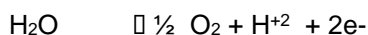
La solución filtrada luego es enviada proceso de electrolisis.

3.8. Electrowinning

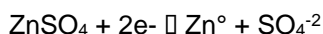
El objetivo es pasar al zinc de la forma iónica a la forma metálica, por un proceso de electrolisis.

La solución es acondicionada con reactivos para facilitar el proceso de electrodeposición, el voltaje aplicado en las celdas es de 3.5 voltios, las reacciones más importantes que se dan son las siguientes:

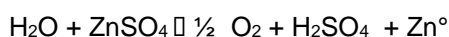
Reacción anódica:



Reacción catódica:



Reacción total:



La densidad de corriente se mantuvo mayor a 400 A/m² en las celdas electrolíticas.

En los cátodos que son de acero inoxidable se electro deposita el zinc quien tiene una pureza de 99.99%. pero con contenidos de plomo en partes por millón.

La eficiencia de corriente fue mayor a 90% con una cosecha de 24 horas.

3.9. Resultados de la prueba

Las mediciones físicas realizadas durante la prueba son detalladas en la tabla 2.

Tabla 2 – Análisis físicos de la prueba de laboratorio

	pH	T(°C)	Densidad de salida g/L	Humedad %	Acidez g/L
Mineral de zinc					
Molienda	5		1,530		
Lixiviación	1.8	30	1,400		
Neutralización	4.6	89	1,485		
2° Lixiviación	1.5		1,460		
Sedimentación	5.18	23	1,400		
Filtración				45	
Cementación de Cu y Cd		35			
Cementación de Co y Ni		86			
Electrolisis ingreso		30	1,252		132
Electrolisis salida		32	1,247		136

Los resultados de los análisis químicos son expuestos en la tabla 3.

Tabla 3 – Análisis químicos de la prueba de laboratorio

	Zn %	Zn g/L	Fe ppm	Si ppm
Mineral de zinc	32			
Molienda				

Lixiviación	5.4	132	444	1,388
Neutralización	15.5	146	18	90,117
2° Lixiviación	4.4	134	889	78,309
Sedimentación		151	6	38
Filtración	3.3			80,169
Cementación de Cu y Cd		142		
Cementación de Co y Ni		161		
Electrolisis ingreso		62.2		
Electrolisis salida		59.2		

La recuperación metalúrgica del zinc en este proceso alternativo fue calculada en 90%.

4. CONCLUSIONES

El proceso alternativo en la obtención de zinc metálico a partir de silicatos de zinc, es una alternativa viable técnicamente para el proceso de refinación de este tipo de minerales.

La recuperación alcanzada es de 90% pero es importante continuar con los estudios para mejorar este índice.

Uno de los inconvenientes de este proceso al no generar el ácido sulfúrico por tratarse de un mineral distinto al ZnS, obliga a suministrar este reactivo de una fuente externa para el proceso de lixiviación.

Continuar con los procesos de investigación para mejorar la calidad de la solución obtenida del proceso de purificación y la mejor aplicación de reactivos en esta etapa.

De acuerdo a los resultados obtenidos se logra obtener un zinc catódico con 99.9% de zinc el que podría ser mejorado.

5. REFERENCIAS

- [1] Chira, J.; Rios, C.; Trelles, G.; Villareal, E. (2018). *Estimación del potencial minero metalico del Perú y su contribución economica al estado, acumulado al 2050*. INGEMMET. Lima, Perú.
- [2] SAC, Estudios Mineros del Perú. (2000). *Manual de minería*. Recuperado de: http://www.estudiosmineros.com/ManualMineria/Manual_Mineria.pdf.
- [3] Cardoso, A; Romero, J. (2019). *Efecto del pretratamiento alcalino a los residuos de lixiviación de calcinas de zinc para la recuperación de oro y plata por cianuración en la refinería de zinc de Cajamarquilla*. Lima, Perú.
- [4] Sanson, A. (1924). *L'état actuel de la métallurgie électrolytique du zinc d'après les dernières publications*. *Revue de Metallurgie*, 125(1), 125–132.
- [5] Beurns, Willis T. (1914). *Note sur l'installation électrolytique de Great Falls*. *Revue de Metallurgie*. 11(8), 940–949.
- [5] Cardosa, Oscar. (2019). *Incremento de la recuperación de zinc en el proceso de lixiviación empleando la metodología Seis Sigma en la empresa Nexa Resources Cajamarquilla*. Lima, Perú.
- [6] Marques Sierra, A. L. (2018). *Apuntes historicos sobre la metalurgia del zinc*. Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo. España.
- [7] Sancho Martinez, J.P.; Cerdeja Gonzalez, L.F.; Ballester Pérez, A. (2000). *Metalurgia Extractiva*. Sintesis. España.
- [8] Van Arsdale, G.D. (1965). *Hidrometalurgia de metales comunes*. UTEHA, México
- [9] Ettl, V.A.; Tilak, B. V.(1981). *Refining and Winning of Metals en Electrochemical Processing, Comprehensive Treatise of Electrochemistry*. Plenum Press, Nueva York. Estados Unidos.
- [10] Medina, M.A.R. (2009). *Estudio de la reacciones anodicas y catodica en el proceso de electro-recuperación de zinc* (Tesis Doctoral) Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Evaluación de tanques de la industria vitivinícola local provistos de aislación sísmica

Compagnoni, Maria E.*; Martinez, Carlos A.; Romero Rem, Noelia A., Gajdosech, Paula A.

*Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. Justo José de Urquiza N° 314. C.P.: M5602GCHD
eugeniacompagnoni@hotmail.com.*

RESUMEN.

En regiones sísmicas como es el caso de Mendoza, los tanques contenedores de vino son propensos a colapso ante movimientos sísmicos del suelo, lo que podría resultar en importantes pérdidas directas e indirectas para la industria y la economía local. En particular, las pérdidas facturadas por la industria del vino durante eventos sísmicos exigen una exhaustiva revisión de los diseños de sistemas de almacenaje y acopio. El uso de sistemas pasivos para controlar la respuesta de estructuras bajo excitación sísmica, es cada vez más común en el mundo. Sin embargo, su uso no se ha extendido todavía en nuestro país a estructuras industriales debido principalmente a la falta de conocimiento de parte del sector productivo, sumado a la falta de normas de diseño específicas y la fabricación de esta tecnología a nivel nacional. De lo anterior radica la importancia del análisis en estructuras industriales con y sin aislamiento sísmico, ya que se desea conocer la medida en la que pueden ser una solución eficiente para incrementar la seguridad de los tanques contenedores de líquido. La respuesta dinámica de contenedores de líquido se analiza mediante un modelo numérico simplificado, en los cuales el comportamiento del líquido se representa por sistemas masa-resorte. Para obtener resultados más generales, se adopta como excitación un conjunto de registros sísmicos reales. Los resultados muestran una gran efectividad del sistema de aislación en la reducción del corte basal, mientras que no se observan prácticamente diferencias en la respuesta del desplazamiento vertical de la superficie libre del líquido.

Palabras Claves: Industria vitivinícola, Tanques cilíndricos, Interacción fluido-estructura, Aislación sísmica.

ABSTRACT

In seismic regions such as Mendoza, wine container tanks are prone to collapse due to seismic movement of the ground, which could result in significant direct and indirect losses for the industry and the local economy. In particular, the losses invoiced by the wine industry during seismic events require an exhaustive review of the designs of storage and collection systems. The use of passive systems to control the response of structures under seismic excitation is increasingly common in the world. However, its use has not yet spread to industrial structures in our country, mainly due to the lack of knowledge on the part of the productive sector, added to the lack of specific design standards and the manufacture of this technology at the national level. From the above lies the importance of analysis in industrial structures with and without seismic isolation, since it is desired to know the extent to which they can be an efficient solution to increase the safety of liquid container tanks. The dynamic response of liquid containers is analyzed using a simplified numerical model, in which the behavior of the liquid is represented by mass-spring systems. To obtain more general results, a set of real seismic records is adopted as seismic excitation. The results show a great effectiveness of the isolation system in reducing the base shear force, while practically no differences are observed in the response of the vertical displacement of the free surface of the liquid.

Keywords: Wine Industry, Cylindrical tanks, Fluid-Structure Interaction, Seismic Isolation.

1. INTRODUCCIÓN

Los tanques son estructuras especialmente construidas con el propósito de almacenar algún material o sustancia fluida tales como agua, combustibles, productos químicos, etc. Su función es estratégica dado que son vitales para los sistemas de distribución de agua, y pueden almacenar sustancias peligrosas (corrosivas o explosivas) en la industria petroquímica y en centrales nucleares. El interés por un comportamiento seguro bajo cargas sísmicas, radica no sólo en el costo de reposición en caso de falla, sino también en los desastres ambientales que un accidente puede provocar [1]. Por lo tanto, dada la necesidad de que continúen operando después de un evento sísmico, hace que sea extremadamente importante el estudio de su comportamiento.

Los tipos más comunes de depósitos son, tanques cilíndricos verticales, y estos los podemos clasificar en depósitos cuyo fondo está apoyado directamente en la fundación (no elevados), y aquellos que se apoyan en pilares (elevados).

En el caso particular de la industria vitivinícola de Mendoza las estructuras más usadas para el almacenaje y fermentación de vino son los estanques de acero inoxidable, tanto de apoyo continuo como discontinuo (Figura1). Existen algunas ventajas de este material sobre otros posibles, estas son: inertes químicamente, mejoran el control del proceso de fermentación, fáciles de limpiar y estéticamente superiores.

Estos tanques entraron a las bodegas a partir de los años 50 en Estados Unidos [2]. Su uso en países con industria vitivinícola en Sudamérica (Argentina y Chile) fue aproximadamente 30 años después.



(a)



(b)

Figura 1 Tanques usados en la industria vitivinícola: (a) Apoyo continuo;(b) Apoyo discontinuo.

El desempeño sísmico de este tipo de estructuras ha sido registrado en múltiples ocasiones: Terremoto de Caucete, Provincia de San Juan, Argentina, M7.4, 1977 [3]; durante el sismo se desarrollaron fallas en estanques de apoyo continuo. Fallaron los sistemas de anclaje y también se presentaron fallas de pandeo tipo pata de elefante en zonas cercanas a la base. Terremoto de Greenville, California, USA, M5.8, 1980; en este evento se observaron muchas fallas por pandeo en tanques sin anclajes [4]. Terremoto de Morgan Hill, California, USA, M6.2, 1984; se produjeron fallas en los sistemas de anclajes [5]. Terremoto de Loma Prieta, California, USA, M7.1, 1989; se presentaron fallas en la soldadura entre la pared y el fondo de la estructura [6]. Terremoto de San Simeon, California, USA, M6.5, 2003; en este evento se registraron pérdidas por volcamiento de la estructura contenedora [7]. Terremoto Pisco, Ica, Perú, M7.9, 2007; pese a no existir registro técnico, los diarios informaron de pérdidas asociada a la infraestructura de las viñas antiguas. En la región del Maule, Chile, en 2010 (Figura 2 y Figura 3) [8,9]. Se estimaron las pérdidas en aproximadamente 125 millones de litros de vino como consecuencia del Terremoto del Maule.



Figura 2 Tanque dañado por el terremoto de Maule, Chile en 2010 [9].



Figura 3 *Daño en depósitos de vino. Terremoto de Chile en 2010 [8].*

Un terremoto de magnitud 6.0 se produjo al noroeste de American Canyon, California, EEUU, en 2014 (Figura 4) [10]. El daño a los viñedos y las instalaciones de almacenamiento de vino se centró principalmente en los tanques de almacenamiento de acero inoxidable y tanques de fermentación (Figura 4 y Figura 5).

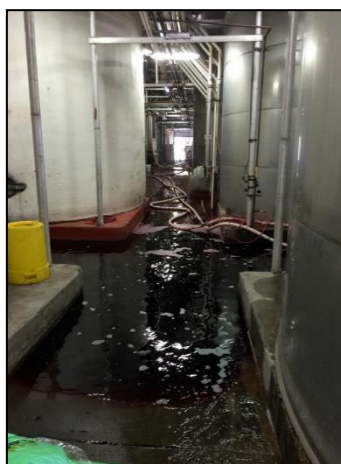


Figura 4 *Tanque dañado por el terremoto de Napa Valley, California en 2014 [10].*

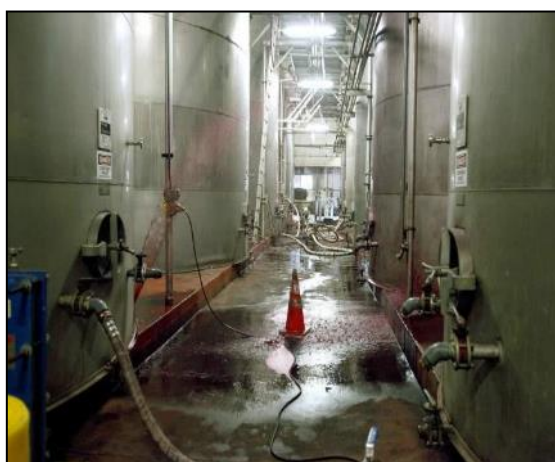


Figura 5 *Daños en la bodega Sebastiani en el terremoto de Napa Valley, California en 2014 [11].*

En regiones sísmicas como es el caso de Mendoza, los tanques contenedores de vino son propensos a colapso ante movimiento sísmico del suelo, lo que podría resultar en importantes pérdidas directas e indirectas para la industria y la economía local. Por ejemplo, en el sismo de Chile de 2010, una gran cantidad de vino almacenado se perdió debido al colapso de tanques y sistemas de almacenamiento. En particular, el área vitivinícola sufrió pérdidas evaluadas en aproximadamente 250 millones de dólares, 125 millones de litros debido al daño de sus instalaciones

de almacenaje, y las pérdidas no fueron mayores dado que el sismo ocurrió en época de vendimia [9]. En particular, las pérdidas facturadas por la industria del vino durante eventos sísmicos exigen una exhaustiva revisión de los diseños de sistemas de almacenaje y acopio.

La búsqueda de alternativas que mejoren el desempeño sísmico de estructuras y su contenido, ha llevado en las últimas décadas al uso del concepto de aislación sísmica como técnica para el diseño sismorresistente de estructuras. El principio básico del aislamiento sísmico es desacoplar a la estructura del movimiento del suelo ocasionado por la ocurrencia de un terremoto. Para desacoplar la estructura, se la vincula a su fundación por medio de dispositivos con baja rigidez horizontal y alta rigidez vertical. Esta capa flexible hace que la frecuencia fundamental de la estructura sea mucho menor que las frecuencias predominantes de la excitación, por lo cual las fuerzas inducidas pueden ser varias veces más bajas que en una estructura de base fija.

Aunque el aislamiento sísmico se ha reconocido como una alternativa prometedora para la protección de estructuras contra los terremotos, la investigación en ingeniería y prácticas de aislamiento sísmico de tanques de almacenamiento sigue siendo limitada [12-18].

Argentina se ha convertido en los últimos años en el quinto productor mundial de vinos, y particularmente la región de cuyo se encuentra en zonas de elevado riesgo sísmico, siendo Mendoza y San Juan las provincias de mayor sismicidad de acuerdo a la zonificación sísmica dada por el INPRES-CIRSOC 103, 2013 [19].

De lo anterior radica la importancia del análisis en estructuras industriales con y sin aislamiento sísmico, ya que se desea conocer la medida en la que pueden ser una solución eficiente para incrementar la seguridad de los tanques contenedores de líquido.

2. MODELO NUMÉRICO.

El comportamiento dinámico de tanques contenedores de líquido es bastante complejo debido a la interacción del fluido con la estructura. Sin embargo, Housner [20] desarrolló un modelo simplificado con dos masas concentradas para representar el comportamiento del líquido admitiendo un recipiente rígido para tanques cilíndricos, comúnmente conocido como Modelo Mecánico Equivalente (MME). En estudios posteriores, el modelo MME de Housner fue modificado para tener en cuenta la flexibilidad de la pared del tanque considerando tres masas [21-24].

Los modelos de dos y tres masas son la base de la metodología utilizada hoy en día en la mayoría de las normas y recomendaciones para diseño sísmico de tanques.

2.1. Modelo de Malhotra (MME).

Para describir el comportamiento del sistema tanque-líquido, en este trabajo se seleccionó el modelo propuesto por Malhotra [24], el cual se muestra en la Figura 6. Este modelo se basa en los trabajos de Veletsos et al. [21] con ciertas modificaciones, que hacen al procedimiento más sencillo que otros considerando los parámetros geométricos del tanque. Este Modelo Mecánico Equivalente (MME) tiene en cuenta la contribución de los modos más altos y podría ser aplicado a diferentes espesores de pared. Es importante mencionar que este modelo es utilizado por la norma de diseño europea [25].

Para pequeñas oscilaciones este modelo mecánico equivalente considera al sistema formado por tres masas equivalentes (Figura 6). En efecto, el sistema mecánico equivalente durante la excitación sísmica, vibra de tres formas diferentes, representadas mediante el movimiento de tres masas equivalentes, denominadas: masa convectiva, m_c , (parte superior de la masa de líquido en donde se producen las olas en la superficie del líquido y cuyos desplazamientos horizontales son equivalentes a la altura de ola); masa impulsiva, m_i , (parte intermedia de la masa de líquido que vibra junto a la pared del tanque); y masa rígida, m_r , (representa la masa del recipiente considerado).

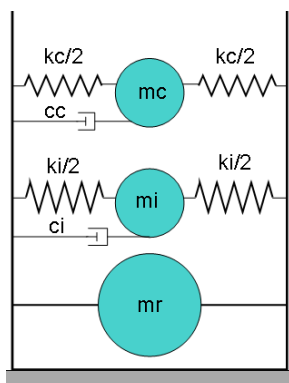


Figura 6 Modelo mecánico equivalente del tanque cilíndrico.

Las masas convectiva, m_c , e impulsiva, m_i , se determinan a partir de la masa total de líquido almacenado, m , como [24]:

$$\begin{aligned} m_c &= \gamma_c m \\ m_i &= \gamma_i m \end{aligned} \quad (1)$$

con:

$$m = \pi R^2 H \rho_l \quad (2)$$

En la cual ρ_l es la densidad del líquido; γ_c , γ_i , son las relaciones de masa, dadas en la Ecuación (5), las cuales son función de la relación de aspecto definida como $S=H/R$; siendo H la altura de líquido y R el radio del tanque. Mientras que la masa rígida, m_r , es la masa del recipiente de acero.

La frecuencia fundamental de la masa convectiva, f_c , e impulsiva, f_i , se determinan mediante las siguientes expresiones:

$$f_c = \frac{1}{C_c \sqrt{R}} \quad (3)$$

$$f_i = \frac{\sqrt{e/R E_s}}{C_i H \sqrt{\rho_l}} \quad (4)$$

donde C_i es un parámetro adimensional expresado en función de S , and C_c es un coeficiente de dimensiones $[s/m^{1/2}]$, ambos calculados a partir de la Ecuación (5) y E_s es el módulo de elasticidad del material de la pared del tanque.

La Ecuación (5) surge a partir de la interpolación de las curvas dadas por Malhotra [24], y todos los parámetros son en función de la relación de aspecto S :

$$\begin{pmatrix} C_i \\ C_c \\ \gamma_i \\ \gamma_c \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 12.94 & -16.72 & 16.45 & -8.243 & 2.102 & -0.212 \\ 3.022 & -4.420 & 5.008 & -2.768 & 0.742 & -0.077 \\ -0.0621 & 0.85 & -0.2107 & -0.069 & 0.0446 & -0.0062 \\ 1.0464 & -0.789 & 0.169 & 0.0677 & -0.0381 & 0.005 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ S \\ S^2 \\ S^3 \\ S^4 \\ S^5 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Las constantes de rigidez, k_c , k_i , y los coeficientes de amortiguamiento equivalente, c_c y c_i , de las masas convectivas e impulsivas respectivamente se determinan como sigue:

$$\begin{aligned} k_c &= m_c \omega_c^2 \\ k_i &= m_i \omega_i^2 \\ c_c &= 2\xi_c m_c \omega_c \\ c_i &= 2\xi_i m_i \omega_i \end{aligned} \quad (6)$$

Para considerar la disipación de energía producida en el sistema tanque-líquido en el Modelo Mecánico Equivalente en estudio, Haroun y Housner [22] y Malhotra [24] sugieren usar $\xi_c = 0.5\%$ y $\xi_i = 2.0\%$ relaciones de amortiguamiento crítico para la masa convectiva e impulsiva, respectivamente.

En la Tabla 1 se presentan las propiedades del MME de los tanques cilíndricos estudiados.

Tabla 1 Propiedades del Modelo Mecánico Equivalente correspondientes a los tanques estudiados

	Tanque S=1.0	Tanque S=1.5
m_c [kg]	48.86	50.49
m_i [kg]	59.25	115.30
m_r [kg]	73.22	73.22
ω_c [rad/s]	7.31	7.39
ω_i [rad/s]	4158.33	2881.41
f_c [Hz]	1.16	1.18
f_i [Hz]	661.81	458.59
k_c [N/m]	2659.21	2608.46
k_i [N/m]	1.02E+09	8.54E+08
c_c [N s/m]	3.56	3.72
c_i [N s/m]	9806.37	11855.99

2.2. Ecuación de movimiento para MME de base fija.

La ecuación de movimiento de un sistema de n grados de libertad, de base fija sujeto a una aceleración horizontal unidireccional en la base, puede ser escrita en la siguiente forma estándar [26]:

$$[m]\ddot{\mathbf{x}}(t) + [c]\dot{\mathbf{x}}(t) + [k]\mathbf{x}(t) = -[m]\mathbf{r}\ddot{u}_g(t) \quad (7)$$

donde $[m]$, $[k]$ y $[c]$; representan, respectivamente, las matrices de masa, rigidez, y amortiguamiento propios del sistema, siendo todas ellas de dimensiones $n \times n$; $\ddot{u}_g(t)$ es la aceleración del suelo; \mathbf{r} es el vector de coeficientes de influencia de la excitación; $\mathbf{x}(t)$ es el vector de desplazamientos relativos respecto a la base de dimensión $n \times 1$, y los puntos sobre las variables representan las derivadas temporales.

Para la solución de la Ec. (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), de los modelos mecánicos equivalentes, se utilizó el programa MATLAB, en particular la función ODE45 [27], que permite resolver ecuaciones diferenciales ordinarias, mediante el método de integración numérica, Runge-Kutta de cuarto orden.

2.3. Ecuación de movimiento para MME de base aislada.

Cuando un tanque con sistema de aislamiento en su base, se encuentra solicitado por un registro de aceleración como se indica en la Figura 7, admitiendo que el mismo tiene un comportamiento elástico lineal y que el aislador es no lineal [28], la ecuación de movimiento del sistema depende del estado de deslizamiento del péndulo de fricción, de la siguiente manera:

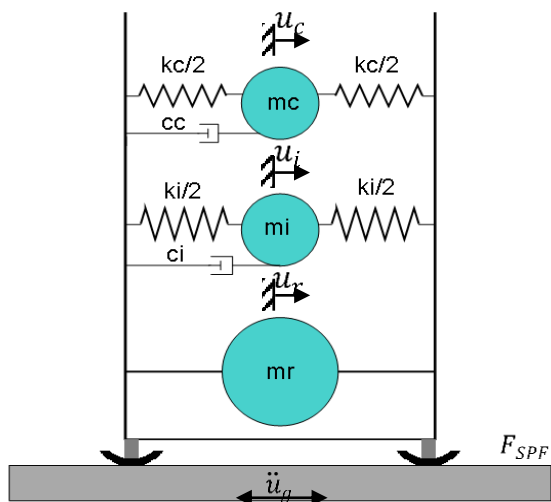


Figura 7 Modelo mecánico equivalente del tanque cilíndrico aislado.

Cuando no desliza el péndulo de fricción el desplazamiento del suelo y de la masa rígida son iguales:

$$\mathbf{u}_g = \mathbf{u}_r \quad (8)$$

Cuando desliza el péndulo de fricción se verifica que

$$\mathbf{u}_g \neq \mathbf{u}_r \quad (9)$$

Si expresamos las ecuaciones de cada grado de libertad en términos de los desplazamientos absolutos y reescribimos la Ecuación (7) en forma matricial:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} m_c & 0 & m_c \\ 0 & m_i & m_i \\ m_c & m_i & M \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_c \\ \ddot{x}_i \\ \ddot{x}_r \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_c & 0 & 0 \\ 0 & c_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{x}_i \\ \dot{x}_r \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_c & 0 & 0 \\ 0 & k_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_c \\ x_i \\ x_r \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ F_{SPF} \end{Bmatrix} \\ = - \begin{bmatrix} m_c & 0 & m_c \\ 0 & m_i & m_i \\ m_c & m_i & M \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{Bmatrix} \ddot{u}_g \end{aligned} \quad (10)$$

Donde la masa total del recipiente y su contenido es

$$M = m_r + m_c + m_i \quad (11)$$

La expresión que define la fuerza sobre el patín, F_{SPF} es definida en la sección siguiente.

3 DESCRIPCIÓN DE LA AISLACIÓN.

Los aisladores de base tipo sistema de péndulo de fricción (SPF), que en inglés se conoce con las siglas FPS (Frictional Pendulum System), hacen que una estructura trabaje como un péndulo de una altura considerable que tiene un gran período y como consecuencia de esto las aceleraciones espectrales son bajas y por ende las fuerzas que gravitan en la estructura por efecto de un sismo, son bajas.

Los SPF tienen una superficie esférica, de acero inoxidable, sobre la cual se mueve la estructura ante la acción de un sismo, pero cuando se desplaza el peso propio de la estructura ocasiona que esta vuelva a su posición de equilibrio.

En la Figura 8, se muestra un SPF de la primera generación. Se aprecia el deslizador articulado que se mueve a lo largo de la superficie cóncava, cuando hay una acción sísmica, esto genera un levantamiento de la masa soportada, y la estructura empieza a oscilar como un péndulo. El deslizador está recubierto por un Politetrafluoroetileno, PTFE o teflón que tiene un coeficiente de fricción bajo y tiene por objeto evitar el rayado de la superficie esférica de acero.

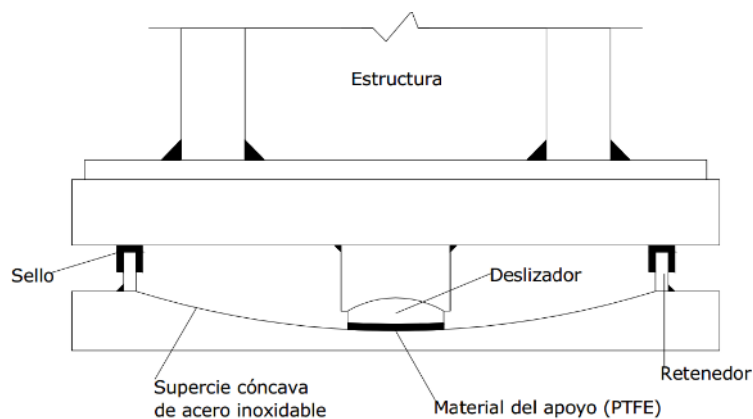


Figura 8 Descripción del SPF de la primera generación.

En la periferia del SPF hay unos toques que limitan el desplazamiento del deslizador y todo esto se halla herméticamente cerrado para evitar que el medio ambiente pueda dañar al aislador.

3.1. Modelo del aislador de péndulo de fricción.

El sistema de péndulo de fricción (SPF) se basa en un movimiento pendular, a través del cual se logra el aislamiento del movimiento sísmico. La Figura 9 se muestra un diagrama de cuerpo libre de un aislador de péndulo de fricción donde la fuerza F_{SPF} es la necesaria para vencer la fuerza de fricción y producir un desplazamiento x_r .

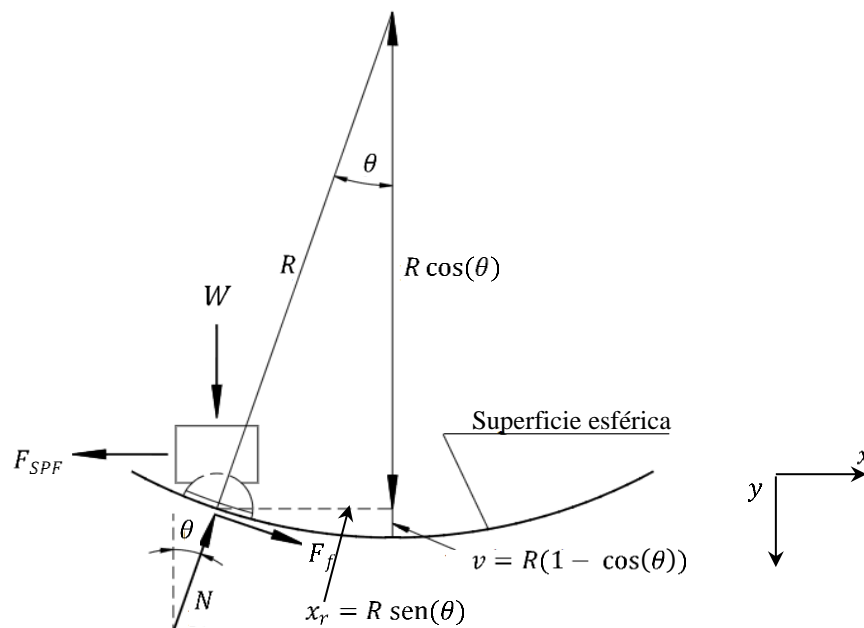


Figura 9 Diagrama de cuerpo libre para el aislador friccional de simple péndulo.

Si W es el peso de la superestructura; N es la fuerza normal, F_f es la fuerza de fricción que se opone al movimiento, y θ es el ángulo que forma el patín desplazado con la vertical y planteamos sumatoria de fuerzas en ambas direcciones x e y , trabajamos algebraicamente y despejamos F_{SPF} , tenemos la fuerza necesaria para producir un desplazamiento x_r , en función del peso de la superestructura, W y la fuerza de fricción, F_f :

$$F_{SPF} = \frac{W x_r}{R \cos(\theta)} + \frac{F_f}{\cos(\theta)} \quad (12)$$

Donde la fuerza de fricción F_f , es el coeficiente de fricción, μ , por la normal que se obtiene de descomponer el peso en sus componentes cartesianas:

$$F_f = \mu W \cos(\theta) \quad (13)$$

Entonces podemos reescribir la Fuerza de SPF de la Ecuación (12) como:

$$F_{FPS} = \frac{W x_r}{R \cos(\theta)} + \mu W \quad (14)$$

Para el caso de pequeñas oscilaciones tenemos valores de θ pequeños, por lo cual $\cos(\theta) \cong 1$, entonces podemos escribir:

$$F_{FPS} = \frac{W}{R} x_r + \mu W \quad (15)$$

Donde W es el peso de la superestructura; R el radio de curvatura del aislador; y μ el coeficiente de fricción. El primer término de la derecha de la Ecuación (15), representa la fuerza restitutiva y el segundo término representa la fuerza disipativa. Este segundo término representa la fricción existente en el sistema, y como el signo de la fricción depende de la dirección del movimiento, se incluye la función signo, $sgn(\dot{x}_r)$, y se tiene:

$$F_{SPF} = \frac{W}{R} x_r + \mu W \operatorname{sgn}(\dot{x}_r) \quad (16)$$

Este es el modelo más simple (modelo de Coulomb) para representar la fuerza de fricción en el aislador friccional de simple péndulo.

El periodo natural del sistema dinámico es sólo función del radio de curvatura del aislador R y es determinado por:

$$T_{SPF} = 2\pi\sqrt{R/g} ; \omega_{SPF} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{g/R} \quad (17)$$

donde g es la aceleración de la gravedad.

4. EXCITACIÓN SÍSMICA.

En Tabla 2 se presenta, la fecha de ocurrencia y la aceleración pico de los registros sísmicos empleados en los análisis, con el fin evaluar la respuesta estructural con los modelos considerados.

Tabla 2 Detalle de los sismos empleados.

Evento	Comp. x	Fecha de ocurrencia	Aceleración pico [g]
San Fernando	CDMG 279	09/02/1971	0.21
Maule, Chile	EO canal 1	27/02/2010	0.48
Caucete, San Juan, Argentina	--	23/11/1977	0.46

5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

En esta sección se presentan los resultados de los análisis sísmicos de las dos relaciones de aspecto de tanques considerados aislados y no aislados. Es de interés conocer la respuesta de los sistemas estudiados en términos de: (a) esfuerzo de corte, y (b) altura de ola generada en la superficie del líquido. Es de mucha utilidad conocer la respuesta de los sistemas estudiados en términos el esfuerzo de corte en la base del tanque, ya que es necesario para dimensionar el tanque y los anclajes y del desplazamiento vertical de la superficie libre del líquido, para definir la altura del tanque y así evitar derramamiento y/o presiones excesivas en la tapa.

5.1. Esfuerzo de corte.

En esta sección se compara el esfuerzo de corte máximo, obtenido con ambos modelos numéricos, sin sistema de péndulo de fricción y con sistema de péndulo de fricción. El corte en la base para el MME se obtiene combinando la participación de la componente impulsiva y convectiva [24].

Cuantitativamente, la comparación del corte en la base se presenta en la Tabla 3. Como se puede observar el sistema de péndulo de fricción reduce en todos los casos el valor máximo del corte en la base, salvo para el caso del sismo de San Fernando donde el sistema de aislación no presenta deslizamiento dado que las fuerzas inducidas por el sismo, no lograron superar el umbral de la fuerza de fricción, y el sistema se comportó como si tuviera base fija. La reducción promedio fue del 30%, para los valores máximos. A partir de los resultados, se puede aseverar que, el sistema de aislación tipo péndulo de fricción, es efectivo en la reducción del esfuerzo de corte en la base en tanques contenedores de líquido. Se destaca que similares resultados se obtuvieron en ambas relaciones de aspecto.

Tabla 3 Comparación del corte en la base.

Relación de Aspecto		MME con SPF Valor Max. [N]	MME sin SPF Valor Max. [N]	MME con SPF - MME sin SPF Valor Max. Dif. [%]
Tanque S=1.0				
Sismo	San Fernando	124.97	125.68	0.57
	Maule	241.62	122.49	-49.30
	Caucete	279.58	161.64	-42.19
Promedio				-30.31
Tanque S=1.5				
Sismo	San Fernando	139.40	139.57	0.12
	Maule	283.81	168.37	-40.68
	Caucete	420.60	208.83	-50.35
Promedio				-30.30

5.2. Altura de ola generada en la superficie del líquido

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra en forma cuantitativa en términos de valor máximo, el desplazamiento de la superficie libre del líquido. Como se observa, hay un pequeño decremento del orden de 4.5% en el promedio de la máxima altura de ola. De los resultados presentados se puede concluir que para fines ingenieriles la altura del oleaje no presenta cambios significativos al incorporar el sistema de aislación tipo péndulo de fricción.

Tabla 2 Comparación del desplazamiento de la superficie libre del líquido.

Relación de Aspecto		MME con SPF Valor Max. [m]	MME sin SPF Valor Max. [m]	MME con SPF - MME sin SPF Valor Max. Dif. [%]
Tanque S=1.0				
Sismo	San Fernando	1.91E-02	1.88E-02	-1.63
	Maule	4.17E-02	3.82E-02	-8.46
	Caucete	5.44E-02	5.39E-02	-0.95
Promedio				-3.68
Tanque S=1.5				
Sismo	San Fernando	1.99E-02	2.03E-02	1.71
	Maule	4.39E-02	3.96E-02	-9.82
	Caucete	6.12E-02	5.54E-02	-9.44
Promedio				-5.85

6. CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha estudiado la respuesta sísmica de tanques cilíndricos contenedores de líquido, de base fija, y provistos de un sistema de aislación sísmica del tipo péndulo de fricción con diferentes relaciones de esbeltez. Los resultados han sido obtenidos a través del análisis dinámico del modelo mecánico equivalente (MME). La respuesta dinámica se estudió en términos de: esfuerzo de corte en la base del tanque, y desplazamiento vertical de la superficie libre del líquido.

El aislamiento de base mediante el sistema de péndulo de fricción fue muy eficaz en la reducción de la respuesta sísmica en términos de cortante basal, para las relaciones de esbeltez estudiadas. De esta manera, se puede concluir que el aislamiento de base con sistemas de péndulo de fricción de primera generación en tanques apoyados es muy eficaz para reducir los esfuerzos de cortante basal. Tan significativa reducción de esfuerzos tiene consecuencias significativas en la seguridad de este tipo de estructuras bajo cargas sísmicas.

El desplazamiento vertical de la superficie libre del líquido no presenta cambios entre ambos tipos de soporte (base aislada y base fija).

Dada la magnitud de los daños ocurridos en terremotos pasados en la industria vitivinícola, y los resultados de este estudio, es evidente que existe la necesidad de revisar los criterios empleados actualmente en el diseño de tanques contenedores de líquido, y al mismo tiempo incorporar sistemas de protección sísmica como los aquí propuestos o similares a las instalaciones existentes y futuras.

7. REFERENCIAS.

- [1] Chang James I.; Cheng-Chung L. (2006). "A study of storage tank accidents". *Journal of Loss Prevention in the process Industries*, 19, 51–59, Netherlands.
- [2] Cooper, T. W.; Wachholz, T. P. (2003). "Performance of Petroleum Storage Tanks During Earthquakes, 1993-1995". *Lifeline earthquake engineering; Optimizing post-earthquake lifeline system reliability*, 16, 878-886. Reston, VA.
- [3] Manos G. C. (1991). "Evaluation of the earthquake performance of anchored wine tanks during the San Juan Argentina, 1977 earthquake". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 20:1099–1114. Estados Unidos.
- [4] Niwa, A.; Clough, R. W. (1982). "Buckling of cylindrical liquid-storage tanks under earthquake loading". *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 10(1), 107–122. Estados Unidos.
- [5] Swan, S. W.; Miller, D. D., & Yanev, P. I. (1985). "The morgan hill earthquake of april 24, 1984-effects on industrial facilities, buildings, and other facilities". *Earthquake spectra*, 1(3), 457–568. Estados Unidos.
- [6] Benuska, L. (1990). "Loma Prieta earthquake reconnaissance report". *Earthquake Engineering Research Institute*.
- [7] Hardebeck, J. L.; Boatwright, J.; Dreger, D.; Goel, R.; Graizer, V.; Hudnut, K.,... others (2004). "Preliminary report on the 22 december 2003, m 6.5 San Simeon, California earthquake". *Seismological Research Letters*, 75(2), 155–172. Estados Unidos

- [8] EERI - Earthquake Engineering Research Institute. (2010). "The Mw 8.8 Chile Earthquake of February 27, 2010". *EERI Special Earthquake Report* - June 2010.
- [9] González E.; Almazán J.; Beltrán J.; Herrera R.; Sandoval V. (2013). "Performance of stainless steel winery tanks during the 02/27/2010 Maule Earthquake". *Engineering Structures*. 56:1402-18. Reino Unido.
- [10] Fischer, E. C.; LIU, J.; Varma, A. H. (2015). "Investigation of Cylindrical Steel Tank Damage at Wineries during Earthquakes: Lessons Learned and Mitigation Opportunities". *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 04016004. Estados Unidos.
- [11] Lapsley J.; Lee H.; Sumner D. (2014). "Lessons for Wine from the 2014 Napa Earthquake". *University of California Agricultural Issues Center*. Estados Unidos.
- [12] Zayas, V.; Low S.; Mahin S. (1987). "The FPS Earthquake Resisting System". Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley, UCB/EERC-87/01, California, Estados Unidos.
- [13] Chalhoub, M.; Kelly, J. (1990). "Shake table test of cylindrical water tanks in base isolated structures". *Journal of Engineering Mechanics*. 116(7), 1451–1472. Estados Unidos.
- [14] Shrimali, M.K.; Jangid, R.S. (2004). "Seismic analysis of base-isolated liquid storage tanks". *Journal of Sound and Vibration*, 275:59-75. Estados Unidos.
- [15] Panchal, V.R.; Jangid, R. S. (2008). "Variable friction pendulum system for seismic isolation of liquid storage tanks". *Nuclear Engineering and Design*. 238:1304–1315. Netherlands.
- [16] Curadelli o. (2013). "Equivalent linear stochastic seismic analysis of cylindrical base isolated liquid storage tanks". *Journal of Constructional Steel Research*. 83:166–76. Netherlands.
- [17] Compagnoni, María E.; Curadelli, Oscar. (2018). "Experimental and numerical study of the response of cylindrical steel tanks under seismic excitation". *International Journal of Civil Engineering*, 16, 793–805. India.
- [18] Compagnoni, María E.; Curadelli, Oscar; Ambrosini, Daniel. (2018). "Experimental study on the seismic response of liquid storage tanks with Sliding Concave Bearings". *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*. 55, 1 – 9. Netherlands.
- [19] INPRES – CIRSOC 103 (2013). Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes, Parte I, Construcciones en General. INTI, Bs. As., Argentina.
- [20] Housner, G. W. (1954). "Earthquake Pressures on Fluid Containers". *Eighth Technical Report under Office of Naval Research*. Project Designation No. 081- 095, California Institute of Technology, Pasadena, California.
- [21] Veletsos, A. S.; Yang, J. Y. (1977). "Earthquake Response of Liquid Storage Tanks". *Advances in Civil Engineering through Engineering Mechanics*. Proceedings of the Annual Emd Specialty Conference, Raleigh, N. C. ASCE. 1-24. Raleigh, North Carolina, United States.
- [22] Haroun, M. A.; Housner, G. W. (1981). "Seismic Design of Liquid Storage Tanks". *Journal of Technical Councils, ASCE*. 107:191-207. Estados Unidos.
- [23] Haroun, M. A. (1983). "Vibration studies and tests of liquid storage tanks". *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 11:179–206. Estados Unidos.
- [24] Malhotra, P. K.; Wenk, T.; Wiel, M. (2000). "Simple Procedures for Seismic Analysis of Liquid Storage Tanks". *Structural Engineering International, IABSE*. 10(3):197-201. Switzerland.
- [25] EUROCODE-8. (2003). "Design of structures for earthquake resistance", Part 4: Silos, tanks, and pipelines. Final PT Draft. European Committee for Standardization.
- [26] Clough, R.W.; Penzien, J. (2003). *Dynamics of Structures*. Berkeley, USA. 3rd Edition. Computers & Structures, Inc.
- [27] MATLAB® R2010b Help Browser. (2010). MATLAB® R2010b [Software], The MathWorks, Inc. 3 Apple Hill Drive Natick, MA 01760-2098.
- [28] Naeim, F.; Kelly, J. M. *Design of seismic isolated structures: From theory to practice*. New York. (1999). John Wiley.

Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte económico de Universidad Tecnológica Nacional.



La Educación en la Ingeniería Industrial

	Título del Trabajo	Código
	Gestión del Conocimiento en la enseñanza de la Ingeniería Industrial para la adquisición de competencias ingenieriles	CO20-F01
	La enseñanza centrada en el estudiante, aplicada a la asignatura Introducción a la Ingeniería de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján	CO20-F02
	Introduciendo conocimientos sobre el Pensamiento Computacional en los primeros años de las carreras de Ingeniería	CO20-F04
	Las percepciones de los estudiantes: avances del proceso de transición a un modelo de formación por competencias	CO20-F05
	Ingeniería Industrial: El desafío de aprender a la distancia	CO20-F06
	Evaluación formativa y constructiva de estudiantes en tiempos de coronavirus	CO20-F07
	Repensando las prácticas en la educación superior	CO20-F10
	Análisis comparativo entre metodologías de evaluación de competencias interpersonales.	CO20-F11
	Adaptar la forma sin perder el contenido	CO20-F12
	Propuesta de relevamiento de competencias profesionales para el perfil del ingeniero 4.0 en el ámbito metalúrgico	CO20-F13
	Experiencias en la práctica de una ingeniería más social	CO20-F14
	Una experiencia de enseñanza-aprendizaje virtual : El chat como vehículo para el aprendizaje de competencias profesionales	CO20-F16
	Laboratorio de Innovación Ingeniería y Diseño	CO20-F17
	Modelo para gestionar la continuidad de dictado en la asignatura Planificación y Control de la Producción 2	CO20-F19
	Efectos del aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) en la realización de proyectos de ingeniería como trabajo final de carrera. Caso de la Universidad Nacional de Luján	CO20-F21
	Aplicación de un método de evaluación por competencia en informes virtuales de trabajos de laboratorio, en alumnos de Ingeniería Industrial	CO20-F23
	Cambios experimentados durante el cursado virtual en tiempos de pandemia y expectativas sobre exámenes finales virtuales	CO20-F24
	Pensamiento estadístico: su desarrollo en alumnos de Ingeniería Industrial	CO20-F25
	Estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de la ingeniería	CO20-F26
	Respuesta inmunológica de la cátedra de Álgebra Lineal y Geometría Analítica en tiempos de pandemia	CO20-F28
	Adaptaciones en el proceso de enseñanza en la cátedra de Probabilidad y Estadística en tiempos de pandemia	CO20-F29
	Experiencia de la aplicación del aprendizaje basado en proyectos en la carrera de Ingeniería Industrial	CO20-F30
	La situación de cuarentena como motivación docente para experimentar el aprendizaje basado en el estudiante en Electrotecnia General	CO20-F31

Comprensión de gráficos estadísticos. Su importancia en la formación de futuros ingenieros industriales	CO20-F33
“Presencialidad virtual” en un curso de Ingeniería Industrial: cómo se desarrollaron las clases de Análisis Numérico y cálculo Avanzado durante la cuarentena	CO20-F34
Evaluando competencias a través de juegos serios	CO20-F35
Propuesta de Juego Serio en materias de ciclo básico de Ingeniería Industrial	CO20-F37
Análisis de las evaluaciones no presenciales en la carrera de Ingeniería Industrial	CO20-F38
Experiencias, reflexiones y oportunidades de la educación no presencial en Ingeniería Industrial	CO20-F39
La Enseñanza y el Aprendizaje de la Química en Ingeniería	CO20-F40
Jurisdicción Nacional, la posibilidad de su prórroga en el marco del Poder de Policía	CO20-F41
Laboratorio de Diseño y Desarrollo de Productos - DP LAB, Espacio Tecnológico de Formación Interdisciplinaria en la Carrera de Ingeniería Industrial UBA	CO20-F43
La Educación en la Ingeniería Industrial- evolución hacia el Ingeniero Digital	CO20-F44
Actividades colaborativas con herramientas virtuales en la enseñanza - aprendizaje de cursos de matemáticas basados en competencias en la enseñanza superior no presencial	CO20-F45
Formación de Futuros Ingenieros en Sustentabilidad y en Medición de Impacto Social. Proyectos de Extensión Universitaria como Herramienta	CO20-F46
Caso de análisis particular aplicable a carrera Ingeniería Industrial	CO20-F48
Uso de sistemas de información geográfica como objeto de aprendizaje en las carreras de Ingeniería.	CO20-F49
Relación entre Estilos de Aprendizaje de los estudiantes y Permanencia en la Universidad en la carrera de Ingeniería Industrial de la FRSSR-UTN	CO20-F50
Estrategias áulicas para mejorar el rendimiento académico en la asignatura Análisis Matemático II del segundo nivel de las carreras de ingeniería de la UTN-FRSSR	CO20-F51
Una aproximación al fenómeno de desvinculación universitaria	CO20-F53

Gestión del Conocimiento en la enseñanza de la Ingeniería Industrial para la adquisición de competencias ingenieriles.

Arduino Guillermo

*Facultad Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Nordeste.
Sargento Juan Bautista Cabral 2131 - Corrientes - Argentina
guillermo.arduino@comunidad.unne.edu.ar*

RESUMEN.

El trabajo exhibe el resultado de aplicar una experiencia educativa en la asignatura Sistemas de Representación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias(FCA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Desarrollada en el cursado del ciclo lectivo 2019 en el contexto de una carrera novel de la unidad académica.

Se estimuló la Gestión del Conocimiento a través del trabajo en equipo y la socialización de lo aprendido. Situando al educando como protagonista de su acción de ser estudiante. La práctica generó que el estudiante, tuviera un rol activo en la asociación de conceptos. Lo cual permitió que dicha asociación generará pequeñas comunidades de aprendizaje. Esto fortaleció la adquisición de competencias, estableciendo, habilidades sociales, actitudinales y específicas en la formación de un novel Ingeniero Industrial.

El proceso formativo incluyó tareas de investigación, presentación de los conocimientos adquiridos valiéndose de técnicas digitales, multimediales y comunicativas.

En virtud de lo cual, a través de un proceso de interacción entre conocimiento tácito y explícito, se logró capitalizarlos. Formando al joven estudiante con habilidades necesarias para su desenvolvimiento profesional, académico y personal.

El enfoque abordado es entender a dicho proceso con orientación hacia las actividades humanas y no a la orientación de las herramientas tecnológicas, puesto que las mismas no son el foco para la generación de conocimiento, sino que permiten la aplicación de lo descubierto, aprendido y adquirido del proceso en sí realizado por los alumnos al cumplimentar las actividades propuestas.

Palabras Claves: Competencias ingenieriles, Socialización, Gestión del Conocimiento, Trabajo en equipo

ABSTRACT

This paper shows the result of applying an educational experience in the class Sistemas de Representación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias(FCA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Developed in the course of the 2019 school year in the context of a new career in the academic unit.

Knowledge management was stimulated through teamwork and socialization of what was learned. Placing the student as the protagonist of his or her action as a student. The practice generated that the student had an active role in the association of concepts. This allowed this association to generate small learning communities. This strengthened the acquisition of competences, establishing social, attitudinal and specific skills in the formation of a new Industrial Engineer.

The training process included research tasks, presentation of acquired knowledge using digital, multimedia and communication techniques.

By virtue of which, through a process of interaction between tacit and explicit knowledge, it was possible to capitalize them. Training the young student with the necessary skills for their professional, academic and personal development.

The approach taken is to understand this process as being oriented towards human activities and not towards the orientation of technological tools, since these are not the focus for the generation of knowledge, but rather allow the application of what has been discovered, learned and acquired from the process itself carried out by the students when completing the proposed activities.

Keywords: Engineering skills, Socialization, Knowledge Management, Teamwork

1. INTRODUCCIÓN

La idea emergió desde la mirada docente en el desarrollo de la adquisición de los conocimientos de los alumnos de la tercera comisión de la asignatura Sistemas de Representación del primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

En un contexto extraño para los educandos, lleno de dubitaciones y con la extrañeza de los conceptos que son novedosos, tratan de encontrar la manera de apoyarse mutuamente para sobrellevar las clases y la inquietante y abrumadora cantidad de contenidos que deben entender desde su punto de vista. Estas dudas los pone en situación de pensar si exactamente lo que están aprendiendo les sirve y si están en el camino correcto.

Es allí donde el docente en su rol formador aprovecha para ordenar ideas y gestionar el aprendizaje, con la idea que el novel estudiante y futuro profesional pueda satisfactoriamente cumplir ese trayecto formativo.

Para ello se debe fomentar la creatividad, el aprender a trabajar en equipo y las relaciones interpersonales que fomenten el intercambio de ideas. Generando de esta forma la estimulación a saber y socializar lo aprendido; con la finalidad de obtener las competencias necesarias para su desarrollo personal y profesional.

1.1 El Ingeniero Industrial su formación

Al formar al estudiante como ingeniero, se debe tener en cuenta aquello que debe ser capaz de realizar en los contextos de su profesión, asumiendo también las habilidades a ser aplicadas en los ámbitos de relación social y laboral. Esto es intentar generar procesos similares a la realidad profesional aplicables al aprendizaje y lo académico.

Es así que las formaciones por competencias son intrínsecas al perfil requerido por carreras de ingeniería. Estas capacidades son aquellas esperadas que enmarcan su desarrollo profesional en el ámbito laboral. La composición de saberes que involucran, conceptos, metodologías, procedimientos y aplicaciones, sumado a la técnica y experticia, de acuerdo a valores y comportamientos éticos, que permiten resolver distintas situaciones planteadas, permitiendo interactuar con el entorno con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos.

Por ello la formación del profesional, no sólo debe abarcar su campo de acción si no también la interrelación con campos disciplinares diversos; desarrollando el pensamiento reflexivo, con autonomía de aprendizaje y capacidades colaborativas. Esto creará un agente de cambio generador de creatividad con las destrezas adquiridas para sí mismo y el entorno que lo rodea [1].

En la “PROPUESTA DE ESTÁNDARES DE SEGUNDA GENERACIÓN PARA LA ACREDITACIÓN DE CARRERAS DE INGENIERÍA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA” (Libro Rojo de Confederación de Decanos de Ingeniería, CONFEDI) se destacan las competencias que deberán cumplirse para la formación de un Ingeniero Industrial. Haciendo uso de la Gestión del Conocimiento el objetivo fue acreditar las mismas [2].

Promoviendo el cumplimiento de aquellas definidas como “*Competencias sociales, políticas y actitudinales*”, como así también las competencias específicas como ser “*Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)*”.

En cumplimiento al plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) citando la formación de un profesional con competencias [3].

1.2 Gestión del Conocimiento

El crecimiento de toda sociedad, está fundado en el conocimiento, en donde diversos actores cada vez más refieren interés en ello. Las organizaciones productivas, entonces transforman los datos e información que circulan en sus diferentes redes comunicacionales, con la idea es dar un sentido que fortalezca y genere conocimiento en sus recursos humanos [4].

Sistematizar los contenidos verbales, transformándolos en comunicación, posibilita la exteriorización de los mismos, pasando de un conocimiento tácito a algo explícito. Para ello es necesario formar a los miembros de la organización, en ámbitos de reflexión, diálogo y respeto a las diferencias de conceptos. Con la necesaria iteración para lograr la correcta sincronización y adquisición de saberes.

Esta forma de trabajo se da en el contexto educativo fuertemente, logrando que la enseñanza ya no sea unidireccional, con lo cual el estudiante puede fácilmente internalizar lo enseñado, apropiándose de ese saber hacer, dando sentido a su formación. Permitiendo que a través de lo comunicativo y el accionar de un trabajo colaborativo dar significación al conocimiento explícito, haciendo que sus tareas futuras como profesional tengan la asertividad necesaria.

En este aspecto tiene valor observar el ciclo iterativo en la Figura 1, donde se observa el proceso de la gestión del conocimiento aplicable a cualquier organización.



Fig.1 Ciclo de Generación de Conocimiento. Fuente: [5]

1.3 Trabajo en equipo

La creación de un equipo de trabajo es una forma de organizar tareas, buscando que el talento individual aporte a la creatividad y potencie el trabajo colectivo.

Esto dinamiza la enseñanza mediante nuevas técnicas y el aprendizaje autónomo, producto de nuevas experiencias y el compartimiento de las mismas entre los integrantes. Propiciando un salto cuantitativo y cualitativo de las tareas realizadas, facilitando la administración de los saberes, que luego serán conocimientos.

Una definición que refleja que es un equipo es la siguiente: "Es un conjunto de personas que poseen destrezas y conocimientos específicos, que se comprometen y colocan sus competencias en función del cumplimiento de una meta común" [6].

Un equipo de trabajo debe cohesionar las siguientes características:

- Soporte de trabajo: Un ambiente solidario donde cada miembro establecen sus reglas y definen las pautas de colaboración, confianza y respeto mutuo.
- Objetivos generales sobre los personales: es tarea del equipo sobreponer los objetivos generales sobre los particulares. Una tensión necesaria de conflicto para acordar pautas efectivas de trabajo
- Rol definido: todos sus integrantes deben conocer sus funciones y las de los otros miembros. De no ser así el equipo fracasa como tal.
- Liderazgo inteligente: un líder debe saber cómo afrontar las curvas de mejora y pérdida de desempeño. Fomentando el ingreso y egreso de miembros. Estableciendo una relación equitativa entre líder y equipo.

2. PROPUESTA

La Gestión de Conocimiento aplicada como un instrumento didáctico es una innovación, efectuada en el contexto áulico, es la forma de generar un saber caótico en un ambiente colaborativo de ideas. Lo cual permite una sistematización que puede ser difundida entre todos los equipos.

Es todo un desafío aplicar este tipo de actividad en el contexto universitario, aunque la edad y madurez de algunos integrantes del equipo posibilitan la aplicación de la experiencia, donde en un ambiente superior conviven jóvenes recientemente egresados de un nivel secundario, con adultos con algún recorrido académico. Lo cual posibilita una mezcla de experiencias que favorecen la aplicación de la estrategia por parte del docente.

Así entendido, la propuesta fue capitalizar la información, considerando al conocimiento obtenido como un activo que puede ser gestionado. En un principio por la guía del docente y luego por la autonomía de los equipos, siendo este un proceso que forma las competencias necesarias de ese profesional en formación. Lo importante en toda Gestión de la Información, luego transformada en Gestión del Conocimiento es la comunicación.

La existencia de herramientas tecnológicas facilita la socialización y almacenamiento de la información obtenida. Por nombrar dos de ellas, la utilización de sistemas de mensajería por dispositivos móviles, sumado al uso de las aulas virtuales que fomentan la creación de grupos, despliegan las tareas colaborativas y la combinación de saberes, siendo semilla de la creación de un equipo de trabajo [7].

2.1 Objetivos Planteados

En la aplicación práctica propuesta por el docente, la idea fue crear equipos de trabajo, donde cada integrante cumpliera distintos roles. Generando sus propias reglas y autodeterminación de tareas, con el fin de realizar un proyecto de una pieza de diseño industrial, aproximando los procesos reales de una realidad profesional al contexto académico.

El objetivo principal fue a través del trabajo en equipo, lograr la socialización de conocimientos adquiridos. Dichos conocimientos provenían de dos fuentes; la primera la experiencia previa de algunos integrantes, la segunda de lo aprendido en clases teóricas y prácticas previas. Al realizar el intercambio de conocimientos tácitos a explícitos se consideran las acciones necesarias para la adquisición de competencias. Dichas habilidades personales, llevadas al equipo generan los ámbitos de socialización necesaria. La explicitación de lo aprendido incrementa la motivación,

propiciando un ambiente de aprendizaje formativo y armónico. Cabe destacar que al autorregularse las tensiones existentes deben ser resueltas, lo que lleva a los jóvenes realizar acciones que serán escenarios de un contexto real y local.

2.2 Implementación de trabajo en equipo

La implementación del trabajo en equipo requirió basar las competencias expresadas en el acuerdo de CONFEDI [8] que se denotan en la Tabla 1:

Tabla 1 *Competencias Trabajo en Equipo*

COMPETENCIA GENERAL/ESPECÍFICA	CAPACIDADES ASOCIADAS INTEGRADAS	CAPACIDADES COMPONENTES
Sociales, políticas y actitudinales	Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo	Asumir como propios los objetivos del equipo y actuar para alcanzarlos.
		Escuchar y aceptar la existencia y validez de distintos puntos de vista
		Analizar las diferencias y proponer alternativas de resolución, identificando áreas de acuerdo y desacuerdo, y de negociar para alcanzar consensos.
		Aceptar y desempeñar distintos roles, según lo requiera la tarea, la etapa del proceso y la conformación del equipo.

Se planteó como primera actividad la conformación de los equipos a elección de los estudiantes. Considerando la heterogeneidad del grupo estudiantil, de acuerdo a factores como las edades diferentes y localización en lugares físicamente distantes. Se propuso la conformación de los equipos según horarios, lugar de residencia, número de integrantes, etc.

En virtud de esto se estableció la elaboración de los primeros acuerdos de funcionamiento, contemplando los objetivos individuales y grupales. Se expusieron en un breve plenario, los cuales fueron publicados a través del aula virtual. Como guía se orientó a los jóvenes con ciertos criterios que pueden observarse en la Tabla 2., los mismos están enlazados directamente a las competencias a lograr.

Tabla 2 *Acuerdos fundamentales de funcionamiento*

Objetivos Particulares	Aprendizaje de nuevas tareas	Objetivos Generales	Los objetivos del equipo son propios	Acuerdos Fundamentales	Responsabilidad individual y grupal compartida
	Aportar al diseño del trabajo		Trabajar en función de un mismo resultado final		El equipo discute y realiza reuniones para resolver problemas
	Construir aportes con pertinencia técnica		Desempeñar distintos roles en diferentes etapas del proyecto		La finalidad del equipo la decide el mismo equipo
	Adquirir saberes para alcanzar satisfactoriamente la aprobación del Trabajo Práctico		Realizar tareas coordinadas. Generar tareas acordes al proyecto con coherencia a lo solicitado.		Responsabilidad solidaria del grupo. Liderazgo compartido

2.3 Aplicación de la Gestión del Conocimiento

Teniendo en cuenta la naturaleza social del ser humano, se promovió el espíritu de realizar tareas en conjunto, en los estudiantes. Una dificultad en la que radica la aplicación de esta experiencia fue la de expresar lo contenido en la mente de cada individuo [9]. Para ello el objetivo fue plantearlo en documentos compartidos en un lenguaje formalizado, con la finalidad de que la transmisión sea efectiva [10]; lo que se logra aplicando la confianza y los principios de trabajo en equipo.

Esto fomentó la capacidad creativa a la hora de comunicarse entre los miembros del equipo. Reconociendo las oposiciones, actitudes de los integrantes de manera individual y colectiva, con el fin de llevar lo particular a lo general, lo contenido en la mente a expresarlo formalmente [11]. La experiencia fue desarrollada en una sola comisión, la idea fue tener a las otras dos comisiones como grupo de control. Los participantes durante el transcurso de cuatro clases prácticas debieron aplicar lo aprendido, debiendo asistir a clases teóricas y con los conceptos adquiridos aplicarlos fuera del aula y en clases prácticas. La actividad dinamizadora fue la exposición en plenario de las tareas realizadas por cada equipo, en las cuales debían informar estado del avance del proyecto, modificaciones realizadas al proyecto original elegido, como así las dificultades individuales y grupales que hubieran surgido. Esto permitió cumplir con competencias expresadas por el CONFEDI [8] y que pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3 *Competencias de Comunicación*

COMPETENCIA GENERAL/ESPECÍFICA	CAPACIDADES ASOCIADAS INTEGRADAS	CAPACIDADES COMPONENTES
Sociales, políticas y actitudinales	Comunicarse con efectividad	Comunicar eficazmente problemáticas relacionadas a la profesión, a personas ajenas a ella, mediante el empleo del lenguaje técnico apropiado.
		Usar eficazmente las herramientas tecnológicas apropiadas para la comunicación, sabiendo cómo mostrar la herramienta a los demás
		Expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.
		Analizar la validez y la coherencia de la información

En función de lo anteriormente expresado, para realizar eficazmente la gestión del conocimiento se elaboró una serie de condiciones metacognitivas que permitieron evaluar la misma tanto por el docente como por los equipos de trabajo. Este proceso en términos educativos propone el dominio del aprendizaje esto alienta a que los modelos mentales puedan ser expresados y permitan la internalización, primeramente, para luego poder exteriorizar lo aprendido fortaleciendo las competencias comunicativas [13,14]. Desde el punto de vista del docente se plantearon las siguientes condiciones expresadas en la Tabla 4 de lo esperado de la producción estudiantil.

Tabla 4 Condiciones Metacognitivas evaluadas por el docente

Condiciones Docentes	Determinar el grado de dificultad de cumplimiento del proyecto	Condiciones Individuales Estudiantes	Dificultad de comprensión de lo propuesto para la realización del proyecto	Condiciones de Equipos de Estudiantes	Cumplimiento de los acuerdos de funcionamiento
	Correcta exteriorización de lo aprendido por el estudiante		Integración con el resto del equipo de trabajo		Análisis y verificación del proyecto elegido con el trabajo propuesto
	Comunicación efectiva del proyecto ante los otros equipos		Comunicación efectiva con el resto del equipo		Comunicación efectiva y colaborativa con otros equipos
	Comprensión de la finalidad de la actividad como parte del campo profesional ingenieril		Cumplimiento del rol o roles asignados en el equipo		Comprender la exteriorización de lo realizado como herramienta comunicacional efectiva.

También se puso en juego la mirada del estudiante en los procesos metacognitivos. Las cuales se expresan en la Tabla 5 de lo esperado de la realización del proyecto, esperando tener una visión abarcativa de ambas dimensiones. La finalidad de dichas condiciones es validar la Gestión del Conocimiento relacionándolo con las competencias a adquirir.

Tabla 5 Condiciones Metacognitivas evaluadas por el estudiante

Condiciones del Proyecto	Entendimiento de la tarea a realizar. Comprensión del proceso a realizar.	Condiciones Individuales	Dificultades en la ejecución del proyecto a realizar	Condiciones de Equipo	Cumplimiento de las normas de funcionamiento de los integrantes del equipo
	Plazos adecuados en tiempo para la realización de la tarea		Cumplimiento en los plazos de tareas asignadas por el equipo		Comunicación efectiva de los procesos técnicos y de desarrollo del proyecto. Hacia los otros equipos y el docente.
	Relación de la actividad académica con el ámbito profesional		Comunicación efectiva de ideas y conceptos a los restantes miembros del equipo		Dificultades en la socialización de ideas y conceptos entre los miembros del equipo

2.4 Recolección de Información

La información obtenida fue recolectada a través de diversos instrumentos. El diseño de los mismos permitió el registro de las condiciones y acuerdos planteados, con observaciones oportunas y precisas, permitiendo arribar a conclusiones con validez objetiva

Las indagaciones de los datos recolectados se registraron en documentos digitales, estos permitieron observar el desempeño de los equipos y la socialización de lo aprendido

De este modo el análisis, se pudo relacionar aplicar Gestión del Conocimiento con los actores, el objeto de estudio y los instrumentos utilizados de relevamiento, con la finalidad de validar si la utilización de este concepto provocó mejoras en el aprendizaje [15,16].

En base a esos documentos se construyó categorías de análisis para verificar el cumplimiento de los objetivos definidos. Construida la concordancia se procedió a la definición del sistema categorial que se observa en la Tabla 6.

Tabla 6 *Correlación de objetivos e instrumentos utilizados*

Roles Intervinientes	Unidad de Análisis	Instrumento de Relevamiento
Docente	Entendimiento del proyecto y correcta aplicación de las técnicas para construir la pieza. Interacción del equipo de trabajo y coordinación. Cumplimiento de los acuerdos de funcionamiento.	Planilla de Observación
	Comunicación eficaz de la idea del proyecto. Comunicación eficaz entre miembros del equipo. Habilidades sociales y actitudinales. Cordialidad y respeto a los acuerdos de funcionamiento. Dificultades de comprensión de tareas y de conceptos adquiridos	Encuesta de apreciación metacognitiva de ejecución de las actividades de proyecto y socialización
	Efecto obtenido de la aplicación de habilidades y aprendizajes obtenidos. Adquisición de conceptos significativos de la asignatura	Resultados de exámenes parciales. Informes presentados.
Estudiante	Respeto y colaboración grupal para la adquisición de competencias comunicativas. Dificultades en el cumplimiento. Respeto a las reglas de autorregulación del equipo. Entendimiento del rol como miembro del equipo. Correcta externalización de los conocimientos tácitos.	Encuesta de apreciación metacognitiva de socialización y ejecución del proyecto
	Desarrollo de capacidades de oralidad en la comunicación de ideas. Formalizar el conocimiento tácito, facilitando el aprendizaje de otros equipos del proyecto realizado. Exponer dificultades y beneficios de gestionar el conocimiento adquirido, con el fin de contrastar similares características entre equipos.	Encuesta de apreciación de socialización interequipos.

A continuación, se enuncian las fuentes de recolección de datos, según el aspecto a analizar:

- Encuesta estructurada y cerrada aplicada a los equipos intervinientes en el proyecto a realizar. Se utilizó una escala normalizada con valores del 1 al 4 (1- Total, 2- Bastante 3- Parcialmente, 4- Ninguna). La estructura de la encuesta se observa en la Tabla 7.
- Encuesta estructurada y cerrada aplicada a los integrantes de forma individual en su participación en el equipo de trabajo. Se utilizó una escala normalizada con valores del 1 al 4 (1- Total, 2- Bastante 3- Parcialmente, 4- Ninguna). La estructura de la encuesta se observa en la Tabla 8.
- Planilla de observación del Docente, estructurada y cerrada, con un campo de observación general de tipo abierto para el desempeño tanto individual de los estudiantes, evaluando el desenvolvimiento del equipo de trabajo de acuerdo al proyecto a realizar. Se utilizó una escala normalizada con valores del 1 al 5 (1- Insuficiente, 2- Regular 3- Aceptable, 4- Muy Bueno, 5- Excelente). Para poder aplicar la escala se tuvo en cuenta la

existencia o no de algunos conceptos (Comunicación, Exteriorización, Integración con el equipo), como así también el cumplimiento nulo, parcial o total de otros (Acuerdos de Funcionamiento, Análisis del proyecto, Comprensión de conceptos y del proyecto, Cumplimiento de roles). La estructura de la encuesta se observa en la Tabla 9.

Tabla 7 Encuesta a los equipos por proyecto

Preguntas	Ninguna	Parcialmente	Bastante	Total
Seleccionen el grado de dificultad del proyecto a realizar (tiempo, ejecución del mismo, falta de claridad de conceptos, información escasa)				
Han tenido problemas para comunicar con claridad los aspectos técnicos del proyecto entre miembros del equipo y a otros equipos				
Seleccionen el grado de dificultad para establecer comunicación de ideas y conceptos entre los miembros del equipo				
Seleccionen el grado de dificultad para establecer comunicación de ideas y conceptos con otros equipos				
Seleccionen el grado de dificultad para expresar formalmente en un informe los pasos y conceptos aplicados para la resolución del proyecto				
Han desarrollado alguna habilidad específica con la realización del proyecto (comunicación, habilidades técnicas, responsabilidad grupal, otras)				

Tabla 8 Encuesta individual a estudiantes integrante de equipos por proyecto

Preguntas	Ninguna	Parcialmente	Bastante	Total
Seleccione el grado de dificultad del proyecto a realizar (tiempo, ejecución del mismo, falta de claridad de conceptos, información escasa)				
Ha tenido problemas para el cumplimiento de entrega del proyecto en el plazo pedido				
Seleccione el grado de dificultad para establecer comunicación de ideas propias a los miembros del equipo				
Ha desarrollado alguna habilidad específica con la realización del proyecto (liderazgo, comunicación, habilidades técnicas, otras)				

Tabla 9 Planilla de Observación del Docente

Conceptos	Insuficiente	Regular	Aceptable	Muy Bueno	Excelente	Observaciones Generales
Apreciación por Equipo						
Acuerdos de Funcionamiento						
Análisis del Proyecto a realizar						
Comunicación Efectiva Interna						
Exteriorización y Socialización						
Apreciación Individual						
Comprensión del Proyecto						
Integración con el equipo y capacidad de socializar ideas y conceptos técnicos						
Cumplimiento del Rol o Roles asignados en el equipo						
Comunicación y externalización efectiva entre pares y hacia el docente						

3 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados presentados han sido verificados respecto al análisis de la gestión del conocimiento y la adquisición de competencias, definidos en los objetivos en 2.1, haciendo énfasis en los Roles y las Unidades de análisis. Se debe aclarar que estos resultados obtenidos fueron aplicados en una comisión y no a la totalidad del cursado, implicando una desviación en la experiencia realizada.

3.1 Resultados desde la perspectiva Docente

En las Tabla 10 y Tabla 11 se reflejan los resultados de apreciación por equipo y por estudiante, respectivamente, desde el punto de vista del docente. Analizando el resultado por equipo se observa que la mayor dificultad fue el análisis del proyecto, la exteriorización y socialización de la actividad realizada, esto es producto de que los estudiantes son noveles y dubitativos y recién inician el camino universitario. En contraste pudieron cumplimentar efectivamente los acuerdos de funcionamiento como equipo, como así también desarrollaron una comunicación efectiva interna adecuada.

Por otra parte, el análisis individual por estudiante arrojó resultados disímiles. La comprensión del proyecto y la comunicación efectiva de lo realizado fue cumplimentada sin dificultad por la mitad de los estudiantes. En tanto sólo un 30% pudo integrarse y socializar los conocimientos tácitos dentro del equipo. Así también se vio reflejado que solo un 40% comprendió su rol dentro del equipo, como consecuencia de ser una dinámica nueva de trabajo, donde el joven viene acostumbrado a realizar actividades individuales. Al confrontar esta nueva modalidad se encuentra con dificultades a adaptarse y gestionarla.

Tabla 10 Resultados de apreciación por equipo del Docente

Escala	Cumplimiento acuerdos de Funcionamiento	Análisis del Proyecto	Comunicación Efectiva interna	Exteriorización y Socialización
Excelente	60%	40%	80%	50%
Muy bueno	20%	20%	20%	30%
Aceptable	10%	30%	0%	10%
Regular	10%	10%	0%	10%
Insuficiente	0%	0%	0%	0%

Tabla 11 Resultados de apreciación por estudiante del Docente

Escala	Comprensión del Proyecto	Integración en el equipo y socialización de conocimientos tácitos	Cumplimiento del Rol	Comunicación y externalización efectiva
Excelente	50%	30%	20%	50%
Muy bueno	30%	40%	20%	20%
Aceptable	10%	10%	30%	10%
Regular	10%	10%	20%	10%
Insuficiente	0%	10%	10%	10%

3.2 Resultados desde la perspectiva Estudiantil

En la Tabla 12 y Tabla 13 se reflejan los resultados de apreciación por equipo y por estudiante, respectivamente, desde el punto de vista del estudiante. Aquí puede observarse de acuerdo a la perspectiva del novel estudiante en su acción individual, que las mayores dificultades fueron en la comunicación de ideas dentro del equipo y la identificación de habilidades adquiridas.

Por otra parte, desde la perspectiva como integrante de un equipo y su accionar como parte de tal la mayor dificultad se encontró en la de expresar el conocimiento tácito en informes escritos. Esto se debe a la falta de práctica en el tratamiento de textos académicos y su redacción, actividad que un estudiante de primer año aún no se encuentra acostumbrado a realizar. Sin embargo, es de

destacar que la socialización y la comunicación en un casi 80% fue efectiva, lo cual fue uno de los objetivos al realizar la práctica de la estrategia en el aula.

Tabla 12 Resultados de apreciación individual del Estudiante

Escala	Dificultades con el proyecto	Dificultad en el cumplimiento de plazos de entrega con el equipo	Dificultad en la comunicación de ideas pertinentes con el equipo	Identificación de habilidades adquiridas en el proceso
Ninguna	50%	60%	30%	40%
Parcialmente	40%	20%	30%	30%
Bastante	10%	20%	30%	20%
Total	0%	0%	10%	10%

Tabla 13 Resultados de apreciación por equipo del Estudiante

Escala	Dificultades con el proyecto	Dificultad en la comunicación efectiva de los procesos técnicos y de desarrollo del proyecto	Dificultad en la socialización de ideas y conceptos entre los miembros del equipo	Dificultad de expresar el conocimiento tácito a explícito a través de informes.	Identificación de habilidades adquiridas en el proceso
Ninguna	50%	30%	30%	10%	40%
Parcialmente	40%	50%	50%	60%	30%
Bastante	10%	20%	10%	20%	30%
Total	0%	0%	10%	10%	0%

3.3 Resultados de evaluación

Como corolario de los resultados anteriormente expuestos, al contrastarse el ciclo lectivo 2019 con el año anterior se observa en la Figura 2, una disminución de un 10% de desaprobados. Lo cual surge de aplicar la experiencia de Gestión del Conocimiento en la socialización de los saberes tácitos. La mejora si bien fue leve, en cuanto al rendimiento de los estudiantes, implicó un camino inicial de procesos de aprendizajes significativos.

Como dato importante, es conveniente destacar que en el año 2018 la cantidad de estudiantes fue de 23, siendo para el ciclo lectivo 2019 un total de 29 en la comisión. Lo que implica que la cantidad de alumnos no influyó en el resultado incremental de aprobación de la evaluación parcial.

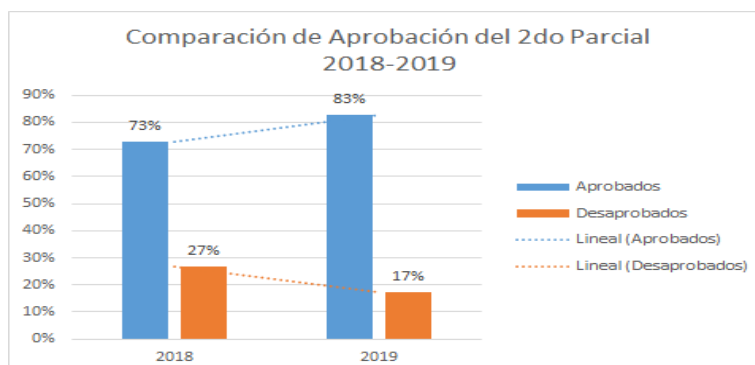


Fig.2 Comparación de resultados de evaluación. Fuente: Propia.

Siguiendo con la evaluación del efecto de la estrategia aplicada, se procedió a medir su impacto en la evaluación del segundo parcial. Tal como puede observarse en la Tabla 14 se observa los porcentajes de aplicar la experiencia en la muestra de la comisión C en contraste con las comisiones de control.

Tabla 14 Resultados del 2do parcial

Resultados del 2do Parcial por Comisión		
Comisión	Aprobados	Desaprobados
	Porcentaje	Porcentaje
A	62%	38%
B	60%	40%
C	83%	17%

Puede verse que en las comisiones de control el porcentaje de aprobación fue del 60%. En la comisión donde se aplicó la experiencia de gestionar el conocimiento el porcentaje de aprobación fue de más del 80%. Estos datos así correlacionados son más que satisfactorios, lo cual al generar un ámbito de socialización de ideas y trabajo en equipo permitió aproximar a una comunidad de aprendizaje. Redundando en un aprendizaje significativo y adquisición de competencias sociales y actitudinales necesarias.

Un punto a tener en cuenta es el análisis cualitativo de los avances del proyecto donde se puede resaltar las siguientes observaciones:

- Trabajaron en equipo, poniendo en práctica la socialización de ideas. Debatiendo en forma colaborativa y con responsabilidad.
- Acordaron el trabajo y coordinación del proyecto según sus propias normas de funcionamiento en equipo. Aportando las diferentes visiones y generando un juego de tensiones que permitieron alcanzar los objetivos propuestos por el equipo.
- A través de un discurso propio, pudieron organizar conceptos, acciones y plan de trabajo para justificar el proyecto realizado.
- Uso adecuado de la terminología técnica de la asignatura. Creando un argumento sólido de justificación del modelo elegido con pertinencia y coherencia. Adquiriendo las competencias necesarias para un novel estudiante.

4 CONCLUSIONES

Como observación final la aplicación de la estrategia de gestionar el conocimiento fue provechosa como forma de establecer andamiajes pedagógicos. Permitiendo el aprendizaje significativo y fomentando aún más la motivación existente en el estudiante.

También debe tenerse en claro que la experiencia no puede ser generalizada. Al sólo aplicarse a una comisión es una visión particular pero positiva.

El centrar las actividades en lo humano más allá de la herramienta tecnológica, permitió generar un accionar de adquisición de habilidades socializadoras; que son extrañas muchas veces en las carreras de corte ingenieril. Esto propició que los jóvenes realizaran la aplicación de lo descubierto, aprendido y adquirido del proceso en sí mismo al cumplimentar las actividades propuestas.

Aplicar Gestión del Conocimiento, aproximando a pequeñas comunidades de aprendizaje, ha puesto en práctica roles. Los líderes han surgido de forma natural y los acuerdos de funcionamiento dieron marco a autorregularse, comprendiendo lo que realmente se dará en un contexto de vida profesional. Debieron aprender a empatizar entre los miembros y a su vez compartir de manera pertinente y coherente lo que tácitamente sabían, expresándolo explícita y formalmente.

Se manifestaron las habilidades tanto cognitivas como metacognitivas. Adquirieron competencias comunicativas favoreciendo la oralidad, aproximándolos a la formalidad de la escritura académica. Comprendiendo los procesos necesarios para su formación más allá de cualquier aplicación tecnológica o proyecto. Todo en un ambiente distendido, donde la experimentación generó el respeto por la opinión del otro, la cordialidad y vinculación entre compañeros. De lo aprendido pudieron incorporar esos conocimientos y sobre ellos trabajar nuevos saberes tácitos que permitieron el espiralado de la gestión del conocimiento.

Como línea futura del trabajo se propone extender esto como una práctica a toda la asignatura, lo cual deberá ser consensuado por los docentes integrantes de la cátedra, haciendo foco en las competencias que se requieren para formar a un estudiante en su vida profesional tal como lo propone el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

5. REFERENCIAS.

- [1] Tobón, Sergio. (2008) *Formación basada en competencias*. Bogotá. Segunda Edición Reimpresión. Ecoe ediciones. Bogotá, Colombia.

- [2] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina*. Universidad FASTA Ediciones. Mar del Plata. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [3] Perfil del Ingeniero Industrial, Facultad de Ciencias Agrarias (2017). Disponible en: http://www.agr.unne.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=142
- [4] Muñoz Zapata, Doris Elena; Valencia Rey Juan Esteban (2015). "Gestión del conocimiento organizacional: un encuentro necesario entre plataformas digitales, comunicación, educación y cultura". *Revista Lasallista de Investigación*, Vol. 12, No. 2, páginas 105-111. Antioquia, Colombia.
- [5] Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka. (1999). *La organización creadora de conocimiento*. Segunda Edición Reimpresión. Oxford University Press, Castillo Hnos. S.A. de C.V. México D.F., Mexico.
- [6] Faria de Mello Fernando Achilles (1998). *Desarrollo organizacional. Enfoque integral*. Reimpresión Primera Edición México D.F. Grupo Noriega Editores. México D.F, Mexico.
- [7] Russo, Claudia; Sarobe, Mónica; Dillon, Marcela; López Gil, Fernando; Calcaterra, Martín; Ochipinti, Pedro; Ramón, Hugo. (2015). "Requerimientos de competencias en el mercado laboral actual". *XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Junín, Argentina.
- [8] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2014). *Documentos de CONFEDI Competencias en Ingeniería*. Universidad FASTA Ediciones. Mar del Plata. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/Cuadernillo-de-Competencias-del-CONFEDI.pdf
- [9] Del Río López, Yasneidy (2008). "Identificación del Conocimiento organizacional en el Departamento de Bibliotecología y Ciencia de la Información de la Facultad de Comunicación de La Universidad de La Habana". *Reporte Técnico*. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.
- [10] Darin, Susana. (abril 2005). *Gestión del Conocimiento*. Buenos Aires. Primera Edición. Editorial Norma. Autora del capítulo 7. Buenos Aires, Argentina.
- [11] Pérez Lindo, Augusto; Ruiz Moreno, Lizabeth; Varela, Cristian; Grosso, Fernando.; Camós, Cristina; Trottni, Ana María; Burke María de Luján; Darin, Susana (2005). *Gestión del Conocimiento: Un enfoque aplicable a las organizaciones y a la universidad*. Buenos Aires. Primera Edición. Editorial Norma. Buenos Aires, Argentina.
- [12] Díaz Barriga Arceo; Frida.; Hernández Rojas, Gerardo. (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México D.F. Segunda Edición. McGraw Hill. México D.F, México.
- [13] Burón Orejas, Javier. (1996): *Enseñar A Aprender: Introducción A La Metacognición*. Bilbao. 6ta edición. Ediciones Mensajero. Bilbao, España
- [14] Osses, Sonia. (2007). "Hacia un aprendizaje autónomo en el ámbito científico. Inserción de la dimensión metacognitiva en el proceso educativo". *Concurso Nacional Proyectos Fondecyt*. Temuco, Chile
- [15] Mariño, Sonia Itatí; Godoy, María Viviana. (2018). "Gestión del conocimiento y sistemas informáticos. Una propuesta para las organizaciones del siglo XXI". *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Corrientes, Argentina.
- [16] Pérez Rasseti, Carlos. (2014). "La Expansión de la Educación Universitaria en Argentina: políticas y actores. Integración y Conocimiento". *Revista del Núcleo de Estudios e Investigaciones en Educación Superior del MERCOSUR*. Vol 2, páginas 8-32. Disponible: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/integracionyconocimiento/article/view/9243>. Córdoba, Argentina.

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer a mi mentora Beatriz Castro Chans y a la cátedra Sistemas y Organizaciones de la Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura de la UNNE Argentina. Por haber hecho que fuera uno más de las humanidades a pesar de mi fuerte formación informática y porque siempre han confiado en mí haciéndome dar los pasos necesarios para crecer.

El autor de este trabajo desea agradecer a Claudia Raquel Screpnik por haberlo hecho tener alas de águila, corazón de acero y una inquebrantable fe en el trabajo, aunque me diga que no se escribir y no tengamos más trabajos en común. Por enseñarme en quién no confiar y que sólo vale lo que uno realmente es, más allá de todo.

La enseñanza centrada en el estudiante, aplicada a la asignatura Introducción a la Ingeniería de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján

Lima Gonzalo, Laura Guadalupe; Gei, Anabella

*Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.
Ruta 5 y Av. Constitución, Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
lauraglima@yahoo.com.ar llima@unlu.edu.ar*

RESUMEN

En el presente trabajo se comunicará cómo se ha ejecutado, de manera progresiva, la metodología de enseñanza centrada en el estudiante en la formación práctica de la asignatura Introducción a la ingeniería de la carrera de Ingeniería industrial de la Universidad Nacional de Luján, durante el período 2011 a 2019.

Considerando lo sugerido por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), la materia Introducción a la ingeniería expone sus objetivos en función de las competencias que se procura que el estudiante adquiera en su programa actual.

Como es una asignatura considerada como preparatoria para el estudio de la Ingeniería industrial, las competencias a las que apunta son esencialmente sociales y procedimentales, que le permiten al estudiante, desde el primer cuatrimestre, convertirse en un universitario y conocer la profesión.

A continuación, se explicarán de manera sucinta los saberes teóricos y prácticos a adquirir en la asignatura, especificando el tipo de actividades prácticas realizadas y su metodología para efectuarlas.

Palabras Claves: Competencias - Saberes - Estudiante - Ingeniería industrial – Introducción a la ingeniería

ABSTRACT

In this paper, it will be communicated how the student-centered teaching methodology has been progressively implemented in the practical training of the subject Introduction to engineering of the Industrial Engineering career of the National University of Luján, during the period 2011 to 2019. Considering what is suggested by the Federal Council of Deans of Engineering (CONFEDI), the subject Introduction to engineering sets out its objectives based on the competencies that the student is intended to acquire in his current program.

As it is a subject considered as preparatory for the study of Industrial Engineering, the competences it aims at are essentially social and procedural, which allow the student, from the first semester, to become a university student and learn about the profession.

The theoretical and practical knowledge to be acquired in the subject will be briefly explained below, specifying the type of practical activities carried out and the methodology to carry them out.

Keywords: Competences - Knowledge - Student - Industrial Engineering – Introduction to engineering

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es manifestar la propuesta curricular de la asignatura Introducción a la ingeniería, dictada para la carrera Ingeniería industrial de la UNLu, la cual brinda al estudiante ingresante una experiencia que promueve el desarrollo de su extenso proceso formativo en la universidad y una visión integral de la profesión del ingeniero industrial.

Para esto, se presentan algunos de los aprendizajes que se han llevado a cabo de manera gradual en el transcurso del período 2011 a 2019 inclusive, orientados al desarrollo de competencias centradas en los alumnos.

Si bien por causa de la pandemia de COVID-19 no hubo clases presenciales en la UNLu durante el primer semestre de 2020 (que es cuando se dicta la materia), se espera volver a implementarla en el curso del 2021.

Durante el primer semestre de 2020, las clases de Introducción a la ingeniería se dictaron de manera virtual, utilizando el Aula virtual de la asignatura y la plataforma zoom.

2. MARCO TEÓRICO

2.a). La enseñanza por competencias centrada en el estudiante de Ingeniería industrial

La capacidad transformadora de los Ingenieros Iberoamericanos depende de su libertad intelectual, soporte de autonomía e independencia, que permite identificar necesidades y oportunidades significativas para la sociedad, así como crear y proponer soluciones con sólidos argumentos técnicos, ambientales, económicos y sociales, producto de la reflexión y el análisis de las lecciones aprendidas en la práctica de la ingeniería.

Por otro lado, dados los constantes y permanentes cambios que sugiere el siglo XXI, el profesor de ingeniería debe adaptarse al contexto actual y prepararse hacia el futuro en el que los recursos tecnológicos y exigencias del sector externo obligarán a replantear su rol. Es fundamental la formación de los profesores, como uno de los ejes fundamentales de la calidad en la enseñanza de la ingeniería [1].

La instrucción docente en didáctica y pedagogía, y el uso de las TIC y la virtualidad para la enseñanza de la ingeniería son dos elementos fundamentales para la formación de profesores en Iberoamérica. Entre los objetivos de formación se destacan: aportar los conocimientos y herramientas para ejercer la labor del profesor de ingeniería; compartir información y experiencias alrededor de la formación de profesores; constituir una red de profesores que trabajen e investiguen en la enseñanza de la ingeniería.

Nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad; no sólo exige la formación profesional (el “saber”), sino también, la dotación de competencias profesionales a sus egresados (el “saber hacer”). Esto se ve claramente y es asumido así por las universidades a partir de la Declaración de Bolonia de 1999 y la declaración de “la educación como un servicio público” de la Convención de Salamanca de 2001.

El antiguo paradigma de formación de profesionales basado en la enseñanza como simple esquema de transferencia de conocimientos que el alumno oportunamente sabrá abstraer, articular y aplicar eficazmente, ha ido perdiendo espacio en la realidad actual. La visión actual de la sociedad propone ver al egresado universitario como un ser competente (con un conjunto de competencias), capaz de ejercer su profesión en la realidad que lo rodea [1].

Según el CONFEDI (2006), una competencia *“es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”* [1, 2].

En particular en Argentina, y en palabras del CONFEDI, *“hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc., que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo”* [1].

En este contexto, el CONFEDI concluye en la importancia de contar con una referencia en cuanto a las competencias que se deberían desarrollar en los graduados de ingeniería en Argentina; así comienza el trabajo para alcanzar un acuerdo sobre *Competencias genéricas*. Para esto, se conformó una comisión y se trabajó durante casi dos años hasta llegar a Bahía Blanca (Argentina), en octubre de 2006, donde se suscribió por votación unánime del plenario de decanos, el documento que sintetiza las *Competencias genéricas de egreso del Ingeniero argentino*. Este acuerdo orienta

a las facultades de ingeniería en la definición de sus procesos de enseñanza-aprendizaje tendientes al desarrollo de competencias en sus alumnos.

Atentos a la necesidad de definir lineamientos que contribuyan a caracterizar al Ingeniero Iberoamericano y a orientar a las facultades de la región en el proceso de formación, en noviembre de 2013, en la ciudad de Valparaíso (Chile), la Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería adopta como propia la síntesis de competencias genéricas de egreso acordadas por CONFEDI, dando lugar a la *Declaración de Valparaíso sobre Competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano*.

Trabajar por competencias, o integrar de manera intencional las competencias, supone un marco que facilita la selección y tratamiento más ajustados y eficaces de los contenidos impartidos.

El diseño por competencias o su integración en el Plan de estudios ayuda a vigorizar el saber hacer requerido a los ingenieros recién recibidos. En la formación de grado se propone desarrollar aquellas competencias que debería poseer el recién graduado y en el nivel de desarrollo adecuado al inicio de su trayecto profesional [1].

La propuesta elevada por el CONFEDI contempla diez competencias genéricas, complejas e integradas, relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental), que se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional), que están referidas al contexto profesional (la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer), que apuntan al desempeño profesional (la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido) y que incorporan la ética y los valores en el perfil del profesional que se busca formar [1].

Las diez *Competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano* adoptadas por ASIBEI y el CONFEDI para las instituciones de los países integrantes son las siguientes [1]:

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.
- Competencias Sociales, Políticas y actitudinales.
- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.

La definición del concepto de Competencia expresado en un párrafo anterior señala que las competencias [1]:

- Aluden a capacidades complejas e integradas.
- Están relacionadas con saberes (teóricos, contextuales y procedimentales).
- Se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional).
- Están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer).
- Están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido).
- Permiten incorporar la ética y los valores.

Para favorecer el desarrollo de competencias, el primer paso es tener claridad sobre cuáles son las competencias que deben ser consideradas en todos los estudios de ingeniería y específicamente en cada terminal o especialidad.

Ello supone pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir desde el desempeño, desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos de su quehacer profesional y social en sus primeros años de actuación profesional.

Para ello se requiere tener en cuenta las necesidades actuales y potenciales del país, de la sociedad y del medio laboral. De manera de sumar, a las lógicas de aprendizaje y trabajo académicas, tanto las lógicas del mundo del trabajo como las lógicas del mundo económico, social y político [1].

Facilitar el desarrollo de competencias de manera explícita durante el proceso de formación supone revisar las estrategias de enseñanza y de aprendizaje, de manera de garantizar que los estudiantes puedan realizar actividades que les permitan avanzar en su desarrollo.

Al mismo tiempo, se hace necesario revisar el proceso de evaluación con vistas a incluir estrategias que permitan evaluar y acreditar el desarrollo de competencias.

Ello supone que, además de obtener evidencias de aprendizajes vinculados a disciplinas específicas, será necesario obtener evidencias del desarrollo de las competencias (entendidas como un hacer complejo), lo cual requerirá del diseño de situaciones de evaluación adecuadas.

Todo ello supone modificaciones al rol docente tradicional, ya que se necesita desarrollar el rol de facilitador de situaciones de aprendizaje y evaluador del desarrollo de las competencias que se incluyan. Para lo cual el docente deberá revalorizar la etapa de planificación en equipos responsables del desarrollo de las actividades curriculares [1].

Dado todo lo mencionado, la incorporación del desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería requiere un trabajo previo de análisis y discusión. Esto implica, por un lado, un trabajo de puesta en común de los cambios u objetivos buscados, con los docentes y, por otro, un programa institucional de formación y capacitación para todos los involucrados. Un sistema de apoyo y seguimiento debe operar previamente y durante la implementación, de forma de asegurar una transformación real en el cumplimiento de los objetivos buscados [1].

2.b). Descripción de la asignatura Introducción a la ingeniería (Ingeniería industrial, UNLu)

La asignatura Introducción a la ingeniería (código 40801) es dictada para la carrera Ingeniería industrial, por docentes e investigadores del Departamento de Tecnología de UNLu (dos profesores, dos jefes de trabajos prácticos, una ayudante de primera y dos ayudantes estudiantes avanzadas de la carrera).

La materia se dicta en el primer cuatrimestre del primer año de la carrera, durante cuatro horas por semana (suma un total de 60 horas en el transcurso de 15 semanas), es presencial, teórica y práctica.

La distribución interna de la carga horaria es la siguiente: 24 horas de clases teóricas expositivas y 36 horas de trabajos prácticos [3, 4].

La finalidad es ofrecer una visión integral de la profesión a los estudiantes ingresantes (un promedio de 220 inscriptos por año), que promueva el desarrollo de una actitud crítica ante la acción de la ciencia y la tecnología en la sociedad en la que ejercerá su actividad profesional.

Se pretende que, al finalizar la asignatura, los alumnos hayan:

- Emprendido su camino universitario de manera más contenida y satisfactoria.
- Logrado obtener una perspectiva de la profesión.
- Perfeccionado sus destrezas personales y sociales, importantes para su desempeño profesional y como educandos.
- Hallado espacios de reflexión sobre problemáticas como la situación medioambiental y la injusticia social, desde la responsabilidad social del ingeniero en su tarea profesional [4].

2.c). Objetivos por competencias planteados en el programa analítico de la asignatura

En concordancia con las actuales tendencias en la definición de metas de las actividades curriculares, Introducción a la ingeniería propone objetivos por competencias en su programa actual, en función de lo que determina el CONFEDI [4].

La finalidad de la asignatura es contribuir a la adquisición, por parte del estudiante, de competencias sociales (o actitudinales) y procedimentales, que le permitan desde el primer cuatrimestre, de manera pautada y guiada, cómo “ser universitario” [4].

3. MATERIALES y MÉTODOS

3.a). Competencias planteadas en el programa analítico de la asignatura Introducción a la ingeniería de UNLu

Las competencias planteadas en el programa de la materia son las siguientes [4]:

- Competencias para comunicarse con efectividad, adquiriendo capacidades como: identificar metas individuales y colectivas; asumir responsabilidades y roles dentro de la organización grupal; producir e interpretar textos técnicos y presentaciones públicas; y seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores, y de acordar significados en el contexto de intercambio.
- Competencias para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Competencias para aprender en forma continua y autónoma, adquiriendo capacidades para: lograr autonomía en el aprendizaje, y reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida.

3.b). Saberes dictados en la asignatura Introducción a la ingeniería

Como se mencionó en el párrafo 2.a), la distribución interna de la carga horaria total de la asignatura es la siguiente: 24 horas de clases teóricas expositivas y 36 horas de trabajos prácticos, que se explican a continuación.

3.b.1). Unidad I

● Saberes teóricos

Respecto a los saberes teóricos, se explican: los orígenes de la ingeniería e Ingeniería industrial como disciplina a nivel nacional y mundial (desde el 1600) [5]; aportes de Taylor (1902), Diemer (1902), E. Elbourne (1914), Thorndike (1935), Maslow, Shakyris, McGregor, Syles, Alderfer, Murray, Mc Clelland y Herzberg en la formación de Ingenieros industriales [6]; fundación en Buenos Aires (1900) de la Sociedad de educación industrial (tenía apoyo de la UIA Unión Industrial Argentina) [7], de la primera carrera de Ingeniería industrial en la Universidad de Buenos Aires (1917) [8] y de la Universidad Obrera Nacional (1948) [5, 7, 10], que como consecuencia del golpe militar que sufrió la Argentina en 1955, pasó a llamarse Universidad Tecnológica Nacional [7]; desarrollo del plan Taquini en Argentina, para generar la apertura de otras universidades (que incluyó a la UNLu); la historia de la UNLu, sus características, su estructura de gobierno, fundación de las carreras de Ingeniería y su gestión [4].

● Saberes prácticos

Respecto a los saberes prácticos, se lleva a cabo un trabajo práctico donde los estudiantes deben investigar sobre la UNLu (apertura, cierre, re-apertura, relación con la democracia argentina, estructura, sedes, fundación de carreras), la carrera Ingeniería industrial (inicios, actualidad y plan de estudio) y la asignatura Introducción a la ingeniería. La realización del mismo es individual, deben escribirlo en Word (o similar) y se envía a los docentes de manera digital (en formato PDF), a una dirección de correo electrónico de la asignatura. Los docentes realizan la devolución de los resultados por medio del aula virtual de la materia [4].

3.b.2). Unidad II

● Saberes teóricos

Respecto a los saberes teóricos, se explican: la ingeniería como profesión, relacionando los conceptos de ciencia, técnica y tecnología; descubrimientos, invenciones e innovaciones; la investigación y el método científico; métodos tecnológicos desarrollados; antecedentes históricos de la Ingeniería; la edad media y los orígenes de la mecanización; las revoluciones (industrial, tecnológicas y científico-tecnológica); la sociedad de la información; campos de actividades de un ingeniero; y las diferentes especialidades y orientaciones de la ingeniería en la realidad nacional [4].

● Saberes prácticos

En relación a los saberes prácticos, se lleva a cabo un trabajo práctico donde los alumnos deben elegir a un ingeniero (o a alguien que se haya desempeñado como tal) e investigar los aportes realizados a la ingeniería. La realización del mismo es individual, deben escribirlo en cinco diapositivas de power point (o similar) y enviarlo a los docentes de manera digital (en formato PDF), a una dirección de correo electrónico de la asignatura. Los docentes realizan la devolución de los resultados por medio del aula virtual de la materia [4].

3.b.3). Unidad III

● Saberes teóricos

Respecto a los saberes teóricos, se explican: los orígenes de la Ingeniería industrial y sus objetivos, alcances, metodologías y ramas; la empresa industrial y de servicios; la configuración legal de la Ingeniería industrial; incumbencias y alcances del título; las áreas de desempeño de la Ingeniería industrial: gestión de la calidad, gestión del mantenimiento, gestión de la logística y gestión de la producción [4].

● Saberes prácticos

En el trabajo práctico de gestión de la calidad, los docentes sitúan a los estudiantes en un determinado contexto, en el cual deben comprar un teléfono celular en base a cinco perspectivas de la calidad (fundadas en el juicio, en el producto, en el usuario, en el valor y en la manufactura). La realización del mismo es individual, deben escribirlo en Word (o similar), y se envía a los docentes de manera digital (formato PDF), a una dirección de correo electrónico de la asignatura. Los docentes realizan la devolución de los resultados por medio del aula virtual de la materia.

En el trabajo práctico de gestión de la producción los docentes ubican a los alumnos en dos contextos, donde deben planificar y controlar la producción en: una organización que fabrica productos y en otra que ofrece servicios, con el objeto de analizar cómo es el proceso de la planificación, cálculo y control de los recursos necesarios para fabricar bienes u ofrecer servicios a mediano o largo plazo. La realización del mismo es individual, deben escribirlo en Word (o similar), y se envía a los docentes de manera digital (formato PDF), a una dirección de correo electrónico de la asignatura. Aquí suelen utilizar el Excel para realizar los cálculos de requerimientos de recursos, pegando en el Word el cuadro de resultados. Los docentes realizan la devolución de los resultados por medio del Aula virtual de la materia.

En esta Unidad también se presentan herramientas muy utilizadas en Ingeniería industrial, por lo cual, mientras se dicta la teoría, se realizan casos prácticos en conjunto con los alumnos, como por ejemplo: la relación del Instituto Nacional de Tecnología Industrial con la metrología, y porqué es importante el buen uso de los patrones y unidades de medida en la labor de un ingeniero; se realiza una simulación de cómo se lleva a cabo una “tormenta de ideas” en una organización; se lleva a cabo un análisis FODA de una situación determinada, la cual se quiere mejorar; se confecciona un diagrama de Ishikawa (o diagrama de espinas de pescado) y un diagrama de Pareto; se hacen ejemplos de los tipos de organigramas que puede llevar a cabo una organización, y sus beneficios en la gestión [4].

3.b.4). Unidad IV

● Saberes teóricos

Respecto a los saberes teóricos, se explican: la relación entre los conceptos de tecnología, sociedad e ingeniería; la función social del ingeniero, y su relación con el mundo modelado por la tecnología; el concepto de ética, y los deberes y derechos profesionales; la función de la Ingeniería industrial en el contexto del medio ambiente, la responsabilidad ambiental del ingeniero y los principales problemas a los que se enfrenta; y los conceptos de sustentabilidad, medio ambiente y protección de las personas [4].

● Saberes prácticos

Respecto a los saberes prácticos, durante las clases teóricas los docentes presentan a los estudiantes diferentes situaciones prácticas, donde se ponen en práctica juegos de roles, donde participan alumnos y profesores [4].

3.b.5). Actividad práctica integradora final. Este trabajo es el cierre de la parte práctica de la asignatura, donde los estudiantes (reunidos en grupos) aplican los saberes adquiridos en el transcurso del dictado de la asignatura, como ser: teóricos, prácticos, cómo comunicarse con efectividad, el aprendizaje autónomo y continuo, y el hecho de actuar con responsabilidad [4].

3.c). Realización de la actividad práctica integradora final en la enseñanza por competencias planteada por Introducción a la ingeniería

La experiencia de la realización de la actividad práctica integradora final fue enriquecedora para los objetivos de la asignatura, que consiste en enseñar saberes para desarrollar las competencias establecidas en el perfil del Ingeniero industrial, ya que se introdujo a los estudiantes en una situación similar a la que podrían tener al ejercer su profesión en el futuro.

3.c.1). Finalidad de la realización de la actividad práctica integradora final

Esta actividad se implementó por primera vez en 2019, donde el grupo docente presentó una consigna que los estudiantes debían resolver. Respecto al desarrollo de las competencias centradas en los alumnos, con la realización de la actividad se trató de que: interactúen entre sí; adquieran una actitud proactiva y creativa; aprendan a desempeñarse en equipos de trabajo, de manera continua y autónoma; de manera individual interpreten la consigna, identifiquen el problema y propongan posibles soluciones al resto del grupo, formulando una justificación; lleven a la práctica los saberes obtenidos en el transcurso de las clases dictadas en la asignatura; comuniquen de manera adecuada, concisa, formal y eficiente los resultados alcanzados, utilizando las herramientas enseñadas en la materia.

3.c.2). Descripción del desarrollo de la actividad práctica integradora final

- I. Con el propósito de que los estudiantes interactúen entre sí, los docentes simularon un contexto con condiciones parecidas al ámbito laboral donde podría desempeñarse un Ingeniero industrial. Para esto, se comenzó por reunir a las dos comisiones de la materia, para formar 13 grupos de estudiantes (de entre 10 y 13 integrantes cada uno) respecto al orden alfabético de sus apellidos.
- II. Una vez formados los grupos, fueron trasladados a un lugar amplio que dispone la UNLu (el Hall Scalabrini Ortiz), para explicarles la consigna del trabajo y que puedan resolverlo de manera cómoda.
- III. Los docentes distribuyeron a los grupos los recursos para realizar la actividad.
- IV. En función de la consigna, los saberes adquiridos y los recursos disponibles, los grupos esbozaron una posible solución, a llevar a la práctica en un lapso de tres horas.
- V. En el transcurso de la realización de la actividad, los docentes visitaban a cada uno de los grupos, a modo de asistirlos ante cualquier duda que tuvieran.
- VI. Al concluir la actividad, los grupos daban aviso a los docentes, para que éstos controlen el cumplimiento de la consigna.
- VII. La actividad finalizó una semana después, con el envío de un informe por parte de los grupos.

3.c.3). La consigna de la actividad práctica integradora final

La consigna para todos los grupos fue la misma, que incluyó lo siguiente:

- Con los recursos ofrecidos por los docentes, se debía construir una máquina de efectos encadenados, que consiste en un mecanismo que combina el efecto de máquinas simples.
- Los recursos utilizados por cada grupo fueron los siguientes: una caja de cartón, cilindros de cartón de 5 cm de diámetro (tres unidades de 10 cm de longitud y tres de 20 cm), una cartulina, cinta adhesiva de papel, hojas de papel, tres vasitos de plástico, tres globos grandes y tres pequeños, cinco fichas de dominó, tres palitos de brochettes de madera, una tijera, una trincheta, dos bolitas, dos bolones, cinco banditas elásticas, cinco alfileres y una plasticola.
- Podían utilizar como apoyo una pared, una mesa o el piso.
- El mecanismo debía funcionar por un tiempo mínimo de 10 segundos, antes de lograr que se pinche un globo.
- Los grupos debían construir la máquina, ponerla en funcionamiento y lograr que cumpla con los requisitos pedidos en un lapso de tres horas.

3.c.4). Metodología utilizada por los grupos de estudiantes para cumplir con la consigna

La metodología empleada por los estudiantes para la realización de la consigna de la actividad práctica integradora final fue la siguiente:

- I. Los grupos de alumnos analizaron la consigna, para definir el problema a resolver e identificar los requisitos a respetar.
- II. Verificaron los recursos disponibles.
- III. Con los conocimientos obtenidos en el transcurso de las clases, discutieron posibles soluciones.
- IV. Eligieron la opción más adecuada en función de los recursos ofrecidos, bocetándola a mano alzada.
- V. Comenzaron a construir la máquina de efectos encadenados.
- VI. Una vez finalizado el mecanismo, se iniciaron las pruebas de recorrido de las bolitas, con el propósito de que perdure por más de 10 segundos y que se pinche un globo al final.
- VII. Una vez realizado lo anterior, dieron aviso a los docentes para que observen el mecanismo, lo fotografíen y cronometren el tiempo.

A continuación, en las siguientes fotos (Figuras n° 1 a n° 10) tomadas por los docentes, se observan las máquinas de efectos encadenados realizadas por 10 de los 13 grupos de estudiantes formados.



Figura 1. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 1, [9].



Figura 2. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 2, [9].



Figura 3. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 3, [9].



Figura 4. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 4, [9].



Figura 5. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 5, [9].



Figura 6. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 6, [9].



Figura 7. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 7, [9].



Figura 8. Máquina de efectos encadenados. Construida por alumnos del Grupo n° 8, [9].



Figura 9. Máquina de efectos encadenados.
Construida por alumnos del Grupo n° 9, [9].



Figura 10. Máquina de efectos encadenados.
Construida por alumnos del Grupo n° 10, [9].

3.c.5). Presentación de resultados obtenidos por parte de los grupos de estudiantes

Una semana después de la realización de la actividad práctica integradora final, cada grupo envió un informe (vía correo electrónico) con los resultados del trabajo, donde se presentaron por escrito los datos del grupo, la consigna, el contexto de su realización, el procedimiento de construcción y sus fundamentos, los recursos utilizados, fotos y esbozos de los mecanismos y el tiempo cronometrado al momento de pincharse el globo.

4. RESULTADOS

La actividad práctica integradora final se llevó a cabo por primera vez en 2019, con excelentes resultados.

Los docentes observaron que fue una actividad enriquecedora para mejorar la formación de los estudiantes ingresantes de Ingeniería industrial, ya que generó la integración y comunicación entre ellos, demostraron ser proactivos y con un buen desempeño para trabajar en equipo, y manejaron de manera correcta el tiempo para finalizar el trabajo.

5. CONCLUSIONES

Para el 2020 los docentes de la asignatura Introducción a la ingeniería tenían intenciones de continuar con la labor de mejorar la formación de los alumnos por competencias, acordes a la demanda laboral pronosticada para los próximos años, la cual afirma que se necesitarán Ingenieros industriales con conocimientos en administración y gestión, diseño industrial, procesos industriales, que tengan habilidades para investigar, criterio para resolver problemas, buen manejo de software informáticos, conocimientos de idiomas, que sepan comunicarse en forma clara y concisa (de manera escrita y oral), con compromiso con el medio ambiente y con sensibilidad ante problemas sociales; lamentablemente, la extensa cuarentena argentina por la pandemia del COVID-19 (comenzó a mediados de marzo de 2020, y se prevé que continúe hasta pasado el mes de septiembre del mismo año) hizo que no fuera posible llevar a cabo las clases de manera presencial, en consecuencia, la mencionada actividad práctica integradora final no pudo realizarse.

Ante este complicado presente y la incertidumbre del comportamiento del virus COVID-19 para el 2021, el equipo docente está analizando cómo transmitir a los alumnos los conocimientos de la mejor manera posible, y que adquieran de manera eficiente las competencias planteadas en el programa analítico de la asignatura.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASIBEI & CONFEDI. 2016. *Competencia y perfil del ingeniero iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación*. Asociación Iberoamericana de Instituciones de la Ingeniería & Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, primera edición.
- [2] Kowalski, V. A.; Morano, D. E.; Erck, I. M.; Cirimelo, S. D. & Enriquez, H. D. 2019. Primer documento: ¿Qué debemos cambiar para orientarnos a un enfoque basado en competencias? Curso de postgrado Formación por competencias, aprendizaje centrado en el estudiante y estándares de acreditación de segunda generación para ingeniería. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería. CONFEDI. Argentina.
- [3] UNLu. 2014. Carrera de grado Ingeniería Industrial. Plan de estudio acreditado por CONEAU en 2014. UNLu, área de Oferta educativa. Disponible en < <http://www.unlu.edu.ar/carg-industrial.html> > Fecha de acceso: 30 de agosto de 2019.
- [4] UNLu. 2018. Programa analítico de la asignatura Introducción a la Ingeniería, vigencia 2018-2019. UNLu, Departamento de certificaciones académicas, asignaturas de la carrera Ingeniería Industrial. Disponible en < <http://www.certificaciones.unlu.edu.ar/sites/www.certificaciones.unlu.edu.ar/files/site/Programas/25/40801.pdf> > Fecha de acceso: 30 de agosto de 2019.
- [5] Baca U., G.; Cruz V., M; Cristóbal V., M. A; Gutiérrez M., J. C.; Rivera G., Á. E. & Et al. 2014. Introducción a la Ingeniería industrial. Grupo Editorial Patria, México.
- [6] Archibold de McPherson, M. I. 2015. Historia de la Ingeniería industrial y sus repercusiones en del desarrollo de Panamá en los últimos 100 años. Portal de Revistas académicas UTP (Universidad Tecnológica de Panamá). Volumen 2, número 1.
- [7] Aranda, L. & Ibarra, M. F. 2017. La educación técnica según Norberto Piñero. Argentina 1900. IX Congreso Internacional de Investigación y Práctica profesional en Psicología. Universidad de Buenos Aires, Facultad de psicología, Argentina.
- [8] Cofone A. 2017. Mover el conocimiento. Código Frontera. Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Argentina. Fecha de acceso: 5 de noviembre 2018.
- [9] Introducción a la Ingeniería. (2019). Trabajo práctico integrador. UNLu, Ingeniería Industrial, Introducción a la Ingeniería.
- [10] CONEAU. 2015. Acreditación de carreras de grado. Ingeniería: impacto en la calidad educativa. Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), Ministerio de educación, Argentina.

Introduciendo conocimientos sobre el Pensamiento Computacional en los primeros años de las carreras de Ingeniería

Pamela Viale, Claudia Deco, Cristina Bender

*Departamento de Investigación Institucional
Facultad de Química e Ingeniería del Rosario
Pontificia Universidad Católica Argentina
Rosario, Argentina*

RESUMEN

La tecnología se encuentra cada vez más accesible a más personas y este amplio acceso permite que la utilicen para asistir en la resolución de problemas de manera automática y/o semi-automática a través de aplicaciones. Es por esta razón que los futuros ingenieros de la sociedad actual necesitan formarse en los fundamentos de las ciencias de la computación, para poder aprovechar el poder de cálculo y procesamiento de dichas tecnologías y pasar de ser meros consumidores a productores de aplicaciones. El término Pensamiento Computacional hace referencia a un conjunto de competencias necesarias para la formulación y resolución de problemas de manera que puedan ser resueltos por un agente de procesamiento de información, ya sea una computadora o una persona. La enseñanza del pensamiento computacional permite que los futuros ingenieros puedan hacer uso de las nuevas tecnologías para resolver diferentes problemas que se les presentan en su actividad profesional de manera más rápida y eficiente. El estudio del pensamiento computacional ha tenido influencia en las investigaciones relacionadas a los procesos de aprendizaje y enseñanza, sensibilizando a las instituciones educativas a abordar el problema desde el punto de vista de la formación. Teniendo este objetivo en mente se propuso un plan para agregar contenidos sobre el Pensamiento Computacional en materias del primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario (UCA). Los resultados iniciales son promisorios.

Palabras Claves: Pensamiento Computacional, Resolución de Problemas, Automatización, Programación.

ABSTRACT

Technology is increasingly accessible to more people and this allows them to use it to assist in solving problems automatically and / or semi-automatically through applications. For this reason future engineers of today's society need to be trained in the foundations of computer science, in order to take advantage of the computing and processing power of these technologies and go from being mere consumers to be producers of applications. The term Computational Thinking refers to a set of competencies necessary for the formulation and resolution of problems so that they can be solved by an information processing agent, be it a computer or a person. The teaching of computational thinking allows future engineers to make use of new technologies to solve different problems that arise in their professional activity more quickly and efficiently. The study of computational thinking has influenced research related to learning and teaching processes, sensitizing educational institutions to approach the problem from the point of view of training. With this objective in mind, a plan was proposed to add content on Computational Thinking in first year courses of the Industrial Engineering degree at the Facultad de Química e Ingeniería del Rosario at the Universidad Católica Argentina. The initial results are promising.

Keywords: Computational Thinking, Problem Solving, Automation, Programming.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace ya varios años, estudiosos de todo el mundo afirman que la enseñanza del Pensamiento Computacional resulta beneficiosa para cualquier profesional, independientemente de la especialidad en la que se desarrolle. Se usa el término Pensamiento Computacional para hacer referencia a un conjunto de competencias necesarias para la formulación y resolución de problemas de manera que puedan ser resueltos por un agente de procesamiento de información [1;2]. El estudio del pensamiento computacional ha tenido influencia en las investigaciones relacionadas al entendimiento y desarrollo de los procesos de aprendizaje y enseñanza, sensibilizando a las instituciones educativas a abordar el problema desde el punto de vista de la formación. Se ha decidido entonces focalizar este trabajo en la formación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Química e Ingeniería (UCA), en las competencias relacionadas al Pensamiento Computacional.

2. ANTECEDENTES

Según la ISTE (International Society for Technology in Education) y CSTA (Computer Science Teacher Association) el Pensamiento Computacional es un proceso para la resolución de problemas. Este proceso permite, entre otras cosas, aprender a formular problemas de manera que una computadora u otras herramientas puedan asistir en su resolución, permite analizar y organizar datos según cierta lógica, modelar y simular datos, automatizar algoritmos, identificar, analizar e implementar diferentes alternativas de solución para lograr un objetivo, y generalizar y transferir el proceso de solución de un problema a otros similares.

Una forma de lograr la aprehensión de estos conceptos y prácticas de resolución de problemas es mediante la implementación de dichas soluciones en lenguajes que puedan ser interpretados y ejecutados por un ordenador, o sea, en algún lenguaje de programación. Existen numerosos lenguajes de programación utilizados en la industria y muchos otros que han sido creados con fines didácticos. Entre estos últimos podemos encontrar a Scratch, lenguaje de programación visual por bloques, desarrollado por el Grupo Lifelong Kindergarten del MIT Media Lab (2007) [3]; Snap!, desarrollado por Jens Mönig y Brian Harvey en la Universidad de California en Berkeley, con el objetivo de acercar el poder del lenguaje de programación Scheme y otros conceptos fundamentales de ciencias de la computación en un entorno similar al de Scratch [4]; Alice, software educativo libre y abierto orientado a objetos con un entorno de desarrollo integrado (IDE), que fue desarrollado por investigadores de la Universidad Carnegie Mellon, entre los que destaca Randy Pausch [5]; Racket, un lenguaje multi-propósito, derivado de Scheme y Lisp, desarrollado desde 1994 por Matthias Felleisen y otros, quienes decidieron crear un entorno de programación pedagógico propio llamado DrRacket [6]; y Gobstones, lenguaje de programación creado en la Universidad Nacional de Quilmes donde su principal referente es el Dr. Pablo E. Martínez López [7]. Los lenguajes recién mencionados son sólo algunos ejemplos de los lenguajes creados con fines didácticos para la enseñanza del pensamiento computacional.

Existen numerosos grupos de investigación que hacen del pensamiento computacional su principal objeto de estudio. Nos interesamos particularmente en dos equipos: el grupo de investigación de Karen Brennan de la Universidad de Harvard, perteneciente a la Graduate School of Education, Cambridge, Estados Unidos, y el equipo de Marcos Román-González de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), de Madrid, España.

K. Brennan y su equipo [8] han desarrollado un marco de referencia para el estudio del pensamiento computacional a través del uso online de su herramienta Scratch. El estudio de esta herramienta y, a su vez, la participación en workshops, les ha permitido proponer una definición propia de pensamiento computacional que involucra tres dimensiones diferentes. La primera de estas dimensiones involucra los conceptos computacionales, conceptos que no son exclusivos de la herramienta en cuestión, sino que son comunes a la mayoría de los lenguajes de programación, como por ejemplo, secuencias, bucles, paralelismo, eventos, condicionales, operadores lógicos y matemáticos, datos, etc. La segunda dimensión consiste en el uso de estrategias o prácticas computacionales, entre ellas podemos citar la experimentación e iteración, el testeado y debugging, la reutilización de proyectos anteriores, la abstracción y modularización, entre otras. La última de las dimensiones trata las perspectivas computacionales, esto involucra el cambio de mirada que produce el uso de la herramienta en sus usuarios: cambia su forma de expresarse con respecto al área de las ciencias de la computación, aprecian la importancia de conectarse con otros y producir colaborativamente, y se cuestionan sobre el mundo, les permite darse cuenta que podrían ayudar a resolver problemas cotidianos mediante el desarrollo de herramientas propias.

Con respecto a Marcos Román-González y su equipo, nuestro principal interés se centra en un test que permite evaluar los conocimientos que posee un individuo sobre el pensamiento computacional.

En la Tabla 1 vemos cómo se relacionan las dimensiones propuestas por el equipo de Karen Brennan y el test de pensamiento computacional propuesto por el equipo de Marcos Román-González [9]. Se muestra de manera bien clara cuáles son los conceptos computacionales que se evalúan en el test. También se hace evidente que dicho test sólo permite evaluar parcialmente las prácticas computacionales y que resulta imposible el uso del mismo para evaluar las perspectivas computacionales.

Tabla 1 Vinculación entre Dimensiones de Brennan y Test de Román-González (Tabla original en [9], Pág 3)

Dimensiones de Karen Brennan	Descripción	Componentes	¿Evaluado por Test de Marcos Román-González?
Conceptos Computacionales	Conceptos usados por durante la programación	Secuencias	Sí
		Bucles	Sí
		Eventos	No
		Paralelismo	No
		Condicionales	Sí
		Operadores	Sí
		Datos	No
Prácticas Computacionales	Prácticas de resolución de problemas usadas durante el proceso de programación	Experimentación e Iteración	No
		Testeo y Debugging	Parcialmente
		Reutilización de proyectos anteriores	Parcialmente
		Abstracción y Modularización	Parcialmente
Perspectivas Computacionales	Cambios que produce aprender a programar	Forma de expresarse	No
		Conexión con otros	No
		Cuestionamientos	No

El test permite evaluar los conocimientos sobre pensamiento computacional teniendo en cuenta la capacidad de abstracción, de descomposición, de reconocimiento de patrones y la habilidad para comprender/corregir algoritmos. El test, al cual nos referimos, consta de 28 preguntas. Algunos ejemplos de dichas preguntas se muestran en las Figuras 1 y 2.

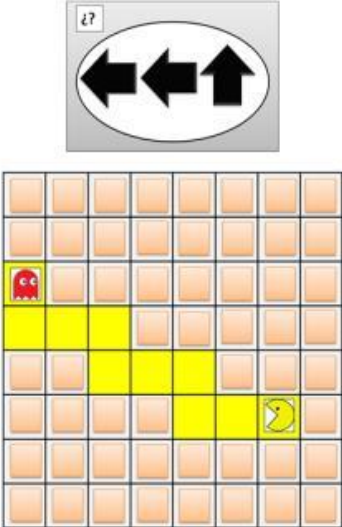
<p>¿Cuántas veces se debe repetir la secuencia para llevar a 'Pac-Man' hasta el fantasma por el camino señalado?</p> 	<p>Opción A</p> <p>× 2</p>
	<p>Opción B</p> <p>× 1</p>
	<p>Opción C</p> <p>× 4</p>
	<p>Opción D</p> <p>× 3</p>

Figura 1 Pregunta 1 del test [9].

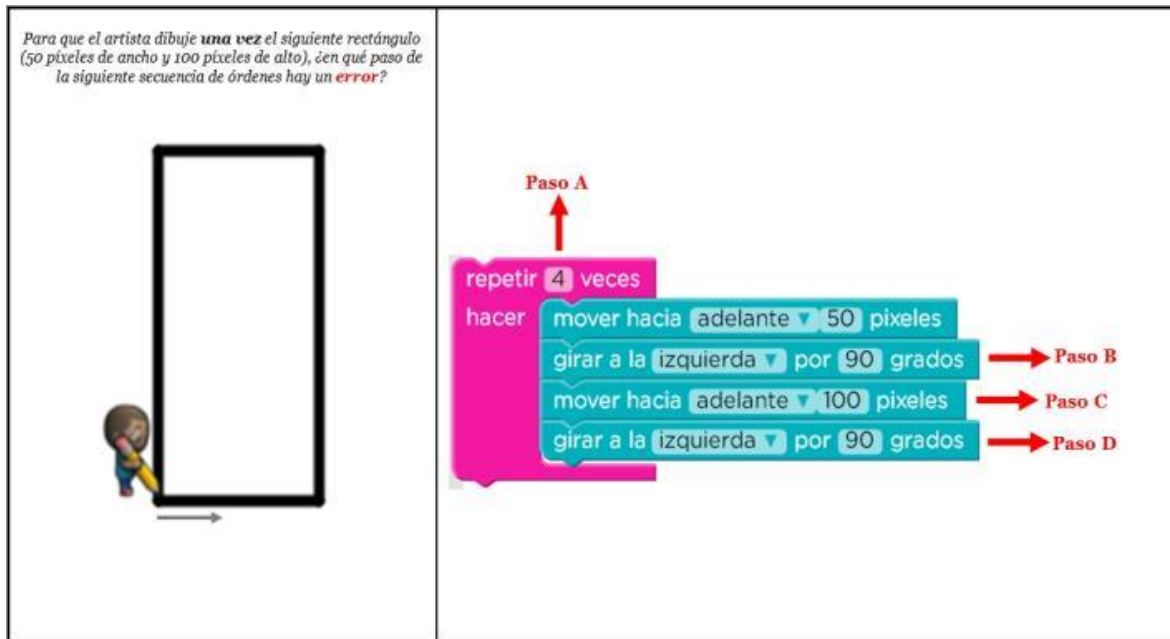


Figura 2 Pregunta 7 del test [9].

Tabla 2 Conocimientos evaluados por cada pregunta del test (Tabla original en [10], Págs 118 y 119).

Pregunta	Abstracción	Descomposición	Reconocimiento de Patrones	Algoritmo
1	x			x
2	x			x
3	x			x
4		x	x	x
5		x	x	x
6		x	x	x
7	x	x		
8			x	x
9			x	x
10		x	x	x
11	x	x	x	x
12	x	x	x	x
13	x	x		x
14	x		x	x
15	x	x	x	x
16				x
17			x	x
18			x	x
19				x
20			x	x
21	x	x		x
22	x	x	x	x
23	x	x	x	x
24				x
25	x	x	x	x
26	x	x	x	x
27	x	x	x	x
28	x	x	x	x

Cada pregunta evalúa diferentes capacidades que se resumen en la tabla 2.

3. PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Hemos decidido incluir la enseñanza de los conceptos y prácticas involucradas en el pensamiento computacional en la carrera de Ingeniería Industrial dictada en nuestra facultad. Hemos comenzado en la materia Informática General que se dicta en el primer año de la carrera. Se comenzó proponiendo las primeras 22 preguntas del test propuesto por el equipo de Marcos Román-González a nuestros alumnos durante el primer día de clases, tratando así de obtener una idea de los conocimientos sobre el pensamiento computacional con los cuales llegan a nuestra universidad.

A lo largo de todo el cuatrimestre se han desarrollado los contenidos de la materia en cuestión, haciendo fundamental hincapié en aquellos relacionados al pensamiento computacional. Los principales temas abordados fueron los siguientes: introducción a la algoritmia, abstracción y generalización, funciones y colecciones. Al finalizar el cuatrimestre se solicitó a los mismos alumnos que respondan nuevamente a las mismas preguntas. Analizando las respuestas de estos alumnos que realizaron el test antes de tomar el curso y luego del mismo, construimos la siguiente tabla donde se muestra la diferencia entre los porcentajes de las respuestas correctas entre ambos momentos:

Tabla 3 Comparación porcentual de las respuestas del pre y post test.

Pregunta	Diferencia
1	0 %
2	-5 %
3	-5 %
4	10 %
5	0 %
6	-5 %
7	10 %
8	20 %
9	10 %
10	5 %
11	5 %
12	30 %
13	0 %
14	5 %
15	5 %
16	5 %
17	10 %
18	0 %
19	10 %
20	0 %
21	15 %
22	25 %

Como puede verse en la Tabla 3, en general, en los resultados se obtuvo un mejor desempeño por parte de los estudiantes. Sin embargo, se observa que en las preguntas 2, 3 y 6 se produjo un leve aumento de errores en el post test en relación al pre test. En las respuestas a las preguntas 1, 5, 13, 18 y 20, podemos ver que no hubo cambios, mientras que en las 14 preguntas restantes los resultados mejoraron. Si bien estos resultados son alentadores, consideramos que la muestra tomada de ejemplo es muy reducida para poder sacar conclusiones. Es por esta razón que continuaremos este nuevo cuatrimestre recolectando información con un nuevo grupo de alumnos. Pretendemos de esta manera, identificar las dificultades de los estudiantes y las deficiencias tanto en los recursos didácticos utilizados como en las explicaciones de los temas tratados.

4. CONCLUSIONES.

La inclusión de la enseñanza del pensamiento computacional en diferentes carreras permite que los nuevos profesionales puedan hacer uso de las nuevas tecnologías para resolver de manera más eficiente diferentes situaciones problemáticas que se les presentan en su actividad laboral. Propusimos entonces, no sólo enseñar sino también evaluar el grado de aprendizaje de conocimientos básicos en ciencias de la computación. Para esto se trabajó, en particular, en las materias de primer año de la Carrera de Ingeniería Industrial de nuestra Facultad. En este sentido, se planteó evaluar la didáctica aplicada y el grado de entendimiento por parte de nuestros alumnos, para proponer cambios donde se detectaran problemas de aprehensión de conceptos. A pesar de que en la realización del post test hubo una baja participación de los alumnos, lo cual dificulta la evaluación de nuestra propuesta, en general, en los resultados se obtuvo un mejor desempeño por parte de los estudiantes.

5. REFERENCIAS.

- [1] J. M. Wing. Computational thinking. *Commun. ACM* , 49(3):33-35, March 2006.
- [2] P. Phillips. Computational thinking: A problem solving tool for every classroom. Disponible en <http://education.sdsc.edu/resources/CompThinking.pdf> (accedido Julio 2019), 2009.
- [3] M. Resnick, J. Maloney, A. Monroy-Hernandez, N. Rusk, E. Eastmond, K. Brennan, A. Millner, E. Rosenbaum, J. Silver, B. Silverman, Y. Kafai. Scratch: Programming for all. *Commun. ACM* , 52(11):60-67, November 2009.
- [4] B. Romagosa i Carrasquer. The Snap! Programming System, pages 1-10. Springer International Publishing, Cham, 2019.
- [5] UVa User Interface Group. Alice: Rapid prototyping for virtual reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.* , 15(3):8-11, May 1995.
- [6] M. Felleisen, R. B. Findler, M. Flatt, S. Krishnamurthi. *How to Design Programs: An Introduction to Programming and Computing*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2001.
- [7] P. E. Martínez López. *Las bases de la programación*. Publicado electrónicamente por la Universidad Virtual de Quilmes, La Plata, 1era edition, 12/2013.
- [8] K. Brennan, M. Resnick. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the american educational research association* (vancouver: Canada).
- [9] M. Román-González, J. C. Perez-González, C. Jiménez-Fernández. Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72: 678-691, 2017.
- [10] C. P. Brackmann. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica*. Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Centro interdisciplinar de novas tecnologias na educação, Programa de Pós-Graduação em informática na educação, 2017.

Las percepciones de los estudiantes: avances del proceso de transición a un modelo de formación por competencias.

Artigas, María Velia; Onaine, Adolfo Eduardo; Santille, Luciana Soledad

*Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302, 7600, Mar del Plata.
mvariantas@hotmail.com*

RESUMEN

En un contexto particular atravesado por la Pandemia por el COVID-19, se da un escenario de encuentros y desencuentros en la adecuación de estrategias hacia un modelo de formación por competencias en las carreras de ingeniería en todo el país. Si bien los marcos regulatorios para las acreditaciones de las mismas están en marcha, la emergencia sanitaria impulsó cambios en las modalidades del dictado de las clases imponiéndose la virtualidad (ya sea en sus variantes sincrónicas o asincrónicas), sobre la imposibilidad del sostenimiento de la presencialidad. En tal sentido, es el objetivo de este trabajo analizar cuáles son las auto-percepciones de los estudiantes sobre sus competencias desarrolladas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se indaga a una muestra sobre el impacto de su propia vivencia derivada de esta experiencia y el cambio programado en cuanto a las mediaciones pedagógicas. Para tal fin, se utiliza un cuestionario estructurado de respuestas combinadas: múltiples y abiertas, en el que se proponen medir estas apreciaciones según la muestra (N=47).

Se espera contribuir con este trabajo a la comprensión del tema desde una mirada crítica, la de los estudiantes universitarios, que por su rango etario son nativos digitales, sin embargo, en cuestiones de prácticas de aprendizaje no tienen una vasta experiencia en la educación a distancia.

Palabras Claves: competencias, estudiantes, modelo de enseñanza-aprendizaje, impacto, ingenierías.

ABSTRACT

In a particular context traversed by the COVID-19 Pandemic, there is a scenario of encounters and disagreements in the adaptation of strategies towards a training model based on competencies in engineering careers throughout the country. Although the regulatory frameworks for their accreditations are underway, the health emergency prompted changes in the modalities of the teaching of the classes imposing virtuality (either in its synchronous or asynchronous variants), on the impossibility of maintaining presence. In this sense, it is the objective of this work to analyze which are the self-perceptions of the students about their competences developed in the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata. The sample is asked about the impact of its own experience derived from this experience and the programmed change in terms of pedagogical mediations. For this purpose, a structured questionnaire of combined responses is used: multiple and open, in which it is proposed to measure these appraisals according to the sample (N = 47). It is expected to contribute with this work to the understanding of the subject from a critical perspective, that of university students, who by their age range are digital natives, however, in matters of learning practices they do not have a vast experience in distance education.

Keywords: competences, students, teaching-learning model, impact, engineering.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone mostrar los resultados obtenidos provenientes de una investigación mayor en curso, preparados para esta oportunidad y puestos a consideración de la comunidad científica para proseguir con más estudios complementarios del tema.

El proyecto de investigación en curso estudia la adecuación de un modelo de educación superior tradicional a uno por competencias. En otras publicaciones se han abordado las percepciones docentes, de investigadores y de autoridades de la Unidad Académica en cuanto a esta transformación. Por ello, ahora se propone profundizar sobre las percepciones y voces de los mismos estudiantes, con la finalidad de conocer sobre el impacto de su propia vivencia derivada de esta experiencia y el cambio programado en cuanto a las mediaciones pedagógicas. A partir de la publicación del Libro Rojo por el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería), que implica el establecimiento de nuevos estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería, se insta a un cambio en su formación de grado. El cambio plantea un nuevo modelo pedagógico de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudiante y basado en competencias.

Se trata de un estudio cualitativo que utiliza una encuesta con preguntas de diferentes opciones de respuesta: algunas de elección múltiple, otras abiertas, y otras para categorizar por orden de importancia. Las mismas se realizan en circunscrito a dos grupos de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMdP).

En la realidad actual de las Ingenierías se suma no tener aún un marco regulatorio, porque si bien está en marcha la resolución ministerial para las acreditaciones de las carreras, todo indicaría que se está trabajando en la línea de la formación por competencias, privilegiando el desarrollo de una educación experiencial y en contextos virtuales de educación.

Hoy la emergencia sanitaria impulsó cambios en las modalidades del dictado de las clases imponiéndose la virtualidad (ya sea en sus variantes sincrónicas o asincrónicas), sobre la imposibilidad del sostenimiento de la presencialidad. Por tal motivo, se indaga también cuáles son las percepciones de los estudiantes de una muestra mixta: compuesta por estudiantes de 3° año (N=25) y de 4° año (N=22) de la carrera de ingeniería industrial.

Los datos resultantes se analizan para establecer inferencias que ratifiquen o no las ideas guías que se proponen investigar.

2. MARCO TEÓRICO

Este trabajo toma como base dos modelos teóricos considerados complementarios y necesarios para dar cuenta del proceso que se propone estudiar, con el objetivo de analizar cuáles son las autopercepciones sobre sus competencias desarrolladas de un grupo de estudiantes de la FI-UNMdP y de ese modo poder indagar en la muestra el impacto de su propia vivencia derivada de esta experiencia y el cambio programado en cuanto a las mediaciones pedagógicas. Para profundizar y articular los temas propuestos, se desarrollan a continuación aportes de especialistas en las dos temáticas, por un lado, la formación universitaria por competencias y por otro, la educación virtual.

2.1. Competencias en Educación Superior

Existen diversas definiciones del término competencias desde distintos enfoques. En Argentina el CONFEDI ha cumplido un papel clave en el estudio y desarrollo de una base conceptual sobre la formación por competencias. El CONFEDI [1] define que la competencia es: *la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.*

Haciendo una pequeña “historización”, desde sus comienzos en el año 1613, la educación universitaria argentina, ha recorrido un largo camino de continua evolución. Actualmente, y siguiendo con este recorrido, algunas carreras se encuentran rediseñando sus planes de estudio basándose en la formación por competencias. Entre las carreras que están atravesando este proceso se incluyen las carreras de ingeniería.

Entre los primeros precedentes sobre la formación por competencias en las carreras de ingeniería se encuentra el llamado Libro Celeste (2005) que planteaba la Formación por Competencias como un objetivo para la formación de ingenieros. Muchas de las ideas y conceptos que se plasmaron en dicho documento tuvieron que esperar 12 años para ser nuevamente puestas en el escenario, como bien lo refleja el documento de Oro Verde de CONFEDI, de mayo de 2017 [2].

En 2018, en la 63° Reunión y Asamblea Plenaria del CONFEDI, realizada en la ciudad de Rosario se aprobó el documento “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”, conocido como el Libro Rojo. Esta propuesta incorpora un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de

competencias, tanto genéricas de egreso del ingeniero (argentino e iberoamericano), como específicas de cada terminal. Este enfoque, sumado a algunos aspectos claves en cuanto a las condiciones generales y curriculares en este sentido, contribuirá a una mejora de la efectividad en el proceso de formación, y de los indicadores de retención, duración real y graduación del sistema. Cabe señalar que esta propuesta se realiza conforme lo establecido en la Resolución 989/2018 del Ministerio de Educación “Documento marco sobre la formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado” y tomando como referencia las Actividades Reservadas Profesionales aprobadas por el mismo Ministerio mediante la Resolución 1254/18 [2].

Al año 2019, se espera que los Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina se conviertan en resolución ministerial [1]. En el caso de la unidad académica en la cual se desarrolla el presente trabajo, la FI-UNMdP se ha mantenido activa en esta transición. A través de su representante en CONFEDI, asistiendo a capacitaciones y diseñando un plan de acción que incluye la capacitación interna y la reelaboración por parte de cada terminal de ingeniería de los planes de estudio basado en formación por competencias.

En cuestiones conceptuales, se podría pensar que los siguientes aportes son fundamentales y esclarecedores.

Klemp/Aguilar Joyas (1980) en Roegiers [3]: Considerar las competencias como características del individuo relacionadas con el desempeño superior.

De Ketele (1996) en Roegiers [3]: Conjunto ordenado de capacidades (actividades) que son ejercidas sobre contenidos en una categoría dada de situaciones para resolver problemas que se presentan.

Perrenoud (2002) [4]: Capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos. Para enfrentar una situación de la mejor manera posible, generalmente debemos hacer uso y asociar varios recursos cognitivos complementarios, entre los cuales se encuentran los conocimientos.

Tuning (2006) [5]: Las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de los valores éticos.

Roegiers (2007) [3]: Posibilidad, para un individuo, de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con miras a resolver una familia de situaciones-problemas.

Tobón (2013) [6]: Son procesos complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad.

En resumen, el concepto de competencia está enfatizado en las capacidades y/o habilidades, conocimientos, destrezas, saber, hacer y saber hacer del ser humano que le permiten desempeñarse en el entorno donde se encuentre y de esta manera desenvolverse ante cualquier eventualidad o adversidad de los contextos [2].

Kowalski, Erck y Enríquez [7] postulan que, en relación a la diferenciación de términos, hay que considerar que las aparentes inconsistencias radican en modelos educativos sustantivamente diferentes. Por tanto, es conveniente estar alertas para no quedar entrampados y terminar sosteniendo, por ejemplo, que Educación Basada en Competencias es sinónimo de Educación Basada en Resultados. Sin embargo, los autores acuerdan que las competencias aluden a integración de saberes, conductas – acciones y actitudes.

La formación por competencias implica que el aprendizaje debe ser centrado en el estudiante (ACE) y que el profesor es el guía o “facilitador” ya que, desde su conocimiento y experiencia, tanto de su rol docente como de la disciplina de que se trate, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento [8].

2.2. Virtualidad

2.2.1. Diferenciación entre educación a distancia y educación remota

Se comienza caracterizando a la Educación Virtual (o a Distancia), en la cual no hay horario prefijado, con la particularidad señalada de algunos autores quienes señalan que una hora del profesor frente a estudiantes implica tres horas de trabajo independiente del alumno. La conectividad no tiene un impacto tan fuerte, lo cual se podría decir que es más relajada y permitiría labores asincrónicas [9].

En el caso de la Educación Remota generalmente se coincide con el horario de clases presenciales, la relación en este caso, sería una o dos horas del profesor por una hora de trabajo independiente del estudiante. Para este tipo de modalidad se requiere de espacios de conexión firmes, con rigidez horaria.

El término educación a distancia tecnológica según Barberá y Badía [2] puede ser adecuado para agrupar una cantidad muy grande de propuestas formativas virtuales, cuyo común denominador es que el medio dentro del que, o mediante el que, se desarrollan los procesos formativos no es un

aula presencial, sino virtual. Un aula virtual se crea con medios tecnológicos e informáticos y se abastece de diferentes tecnologías de la información para proporcionar los contenidos al estudiante, y también diferentes tecnologías de la comunicación para ofrecer medios de comunicación a los miembros del aula.

Es importante también destacar que están emergiendo otras combinaciones posibles, por ejemplo: «aprendizaje combinado» (*blended learning*); se daría en las aulas presenciales de educación superior, especialmente cuando se propone la combinación del uso del aula presencial y del aula virtual.

Barberá y Badía [10], luego de investigar cuáles han sido los diferentes enfoques entre los análisis entre educación presencial y virtual proponen que las características más relevantes que han puesto en evidencia estos estudios con relación al proceso de aprendizaje en aulas virtuales son:

- Una organización menos definida del espacio y el tiempo educativos.
- Un uso más amplio e intensivo de las TIC.
- Una planificación y organización del aprendizaje más guiados en sus aspectos globales.
- Unos contenidos de aprendizaje apoyados con mayor base tecnológica.
- Una forma telemática de llevar a cabo la interacción social.
- Un desarrollo de las actividades de aprendizaje más centrado en el alumnado.

Castañeda [11] establece algunas de sus características distintivas, en vez de definiciones, entre ellas se destacan:

- Separación espacial y temporal entre el profesor y estudiante.
- Formación mediada y, por tanto, apoyada en diferentes tecnologías que condicionan y matizan la relación que el profesor y el estudiante establecen con los contenidos.
- Comunicación mediada entre el profesor y el estudiante.
- Posibilidad que la comunicación sea sincrónica (teléfono, chat, videoconferencia...) o asincrónica (foros, listas de distribución, correo electrónico, cartas...).
- Por lo general, los alumnos son de más edad que los del sistema presencial.
- Existencia de una institución que organice la estructura educativa y la certificación académica. Fuerte apoyo en una estructura organizativa.
- Incorporación, en la acción educativa, de diferentes personas que garanticen su calidad: profesores, alumnos, técnicos de producción de materiales, distribuidores de materiales.
- El estudiante a distancia necesita un sistema de información, comunicación y apoyo más complejo que el estudiante de la formación presencial.
- Formación fuertemente tutorizada.
- Comunicación bidireccional, multicódigo y multipersonal. Bidireccional en el sentido que suele darse de ida y vuelta entre los participantes; multicódigo, ya que se utilizan diferentes tipos de ellos, desde los verbales a los impresos, visuales y audiovisuales; y multipersonal, porque se establece entre diferentes personas: profesor, alumnos, técnicos, distribuidores de materiales, evaluadores.

Por otra parte, Kearsley [12] señala la existencia de cuatro factores importantes en la determinación de una docencia virtual efectiva: a) la experiencia en el uso de los medios informáticos, que influye en el desarrollo de habilidades instrumentales y específicas necesarias para la docencia; b) el grado de familiaridad que se tenga con la enseñanza virtual; c) la flexibilidad desarrollada en el proceso docente, y de la práctica en la dinámica participativa y de facilitación del aprendizaje.

Tanto la pericia didáctica como la metodología del profesor en contextos virtuales está relacionada con los contenidos disciplinares. Los docentes deberían mantenerse actualizados sobre los temas profesionales relacionados a sus asignaturas y sobre el medio tecnológico, que en muchos casos no va más allá de los requerimientos comunicativos mínimos. Autores como Lowther (2000), citado en Barberá y Badía [10] utilizan el término de competencia tecnológica para describir “la comprensión y la habilidad de conocer dónde y cómo crear una cultura de clase en la cual se utilicen los ordenadores por parte de los profesores y alumnos en una dirección productiva que dé resultados sociales y cognitivos positivos”.

3. METODOLOGÍA

Para el siguiente estudio se toma una muestra de estudiantes (N=47), que se pueden diferenciar por dos subtipos que corresponden a estudiantes de Investigación Operativa I (N=25) y a Administración de Recursos Humanos (N=22), cursantes del primer cuatrimestre del 2020. Los estudiantes mantuvieron su anonimato para la realización de las mismas, mediante herramienta de formularios (*Google Form*).

Se trata de un estudio mixto, dado que utiliza una encuesta semi-estructurada para la recolección de datos, lo cual da lugar a un segundo momento donde se analizan por categorías sus respectivas respuestas. El cuestionario contiene preguntas con respuestas abiertas y otras, donde los estudiantes deben categorizar por criterio de importancia, sus elecciones. Además, el cuestionario

presenta preguntas de respuesta de opción múltiple que arroja datos de corte cuantitativo, lo cual posibilita fijar parámetros métricos y poder comparar las dos submuestras.

Los análisis que se realizan son por categorías de respuestas, de contenido, comparaciones de promedios y revisión de comportamientos de preferencias y autopercepciones de los estudiantes en referencia a: cómo aprender en contexto de pandemia y virtual, qué competencias desarrollar como estudiantes transferibles a la esfera profesional y competencias de docentes en relación a la educación virtual y remota.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la realización de este trabajo se encuestaron alumnos de tercer y cuarto año que cursaron en el primer cuatrimestre las asignaturas Investigación Operativa I (IOI) y Administración de Recursos Humanos (ARH) de la carrera de Ingeniería Industrial. Como se observa en la Figura 1, los encuestados de IOI tienen una edad promedio de 21,72 años, y el 88% está cursando tercer año de la carrera. El 4% segundo año y el 8% cuarto. En el caso de ARH tienen una edad promedio de 22,26 años, y el 86,4% está cursando cuarto año de la carrera. El 4,5% quinto año y el 9,1% sexto.

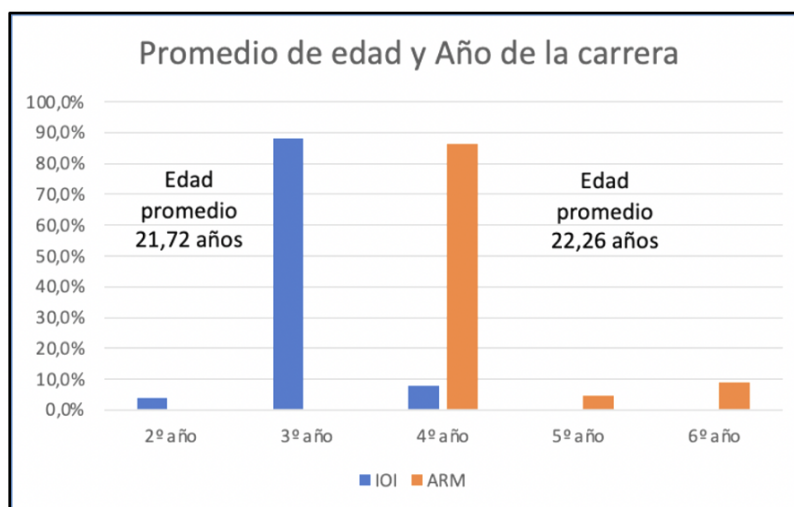


Figura 1 Promedio de edad y Año de la carrera de ambas muestras

En relación al aprendizaje las tres competencias que consideran haber desarrollado en primer lugar resultan coincidentes en el orden para los dos grupos y no así en los porcentajes. En la Figura 2 se muestra un comparativo.

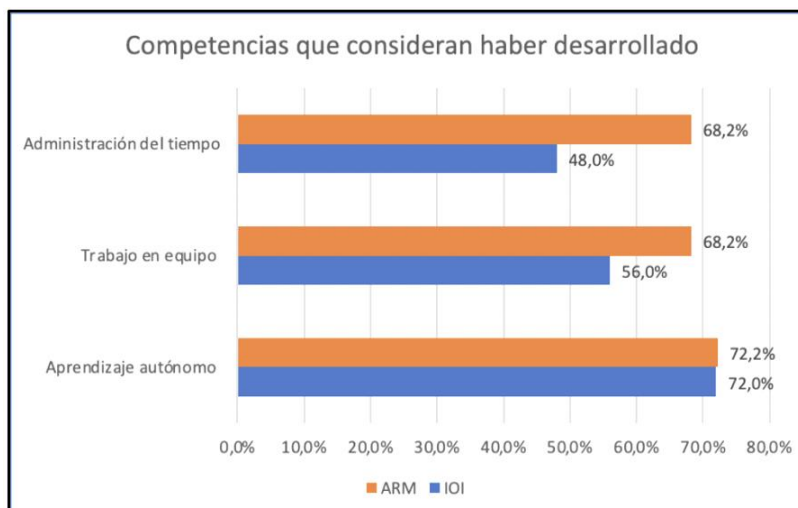


Figura 2 Competencias que consideran haber desarrollado ambas muestras

A la luz de los datos, se puede ver como la competencia para el aprendizaje autónomo lidera para ambos grupos. Lo cual pone en evidencia que, con independencia de la edad de los estudiantes que componen ambas submuestras y la tipología de las asignaturas de la cual se trate, los estudiantes han podido transformarse, ser flexibles y comenzar a percibirse más autónomos a partir de la propuesta virtual que deriva del contexto que la Pandemia origina.

En cuanto a considerar si disponían de los medios para realizar la cursada virtual ambos grupos coincidieron en las respuestas. Contestaron por la afirmativa en un porcentaje superior al 80% y los que indicaron que no disponían de los medios expresaron como principales dificultades la mala conexión a internet y no tener un lugar privado para estudiar a pesar de contar con PC propia, como se aprecia en la Figura 3.

Al consultarle sobre su percepción acerca de la preparación de los docentes para una educación por competencias las respuestas de los dos grupos fueron similares, los alumnos de IOI indicaron un 8% indicó experto, un 64% competente y el 28% restante principiante y los pertenecientes a ARH, un 4,5% indicó experto, un 50% competente y el 45,5% restante principiante, ver Figura 4.

En ambas submuestras parecería que se perciben los esfuerzos también por parte del plantel docente para adaptarse y mejorar sus prácticas, readecuando el escenario propuesto y planificando en tiempo real, priorizando que se aprenda de forma significativa y positiva.

Como se ve en la Figura 5, sucede algo similar con respecto al entrenamiento para una educación virtual en la cual las cifras indicaron para IOI competente un 48% y principiante un 52% (no apareciendo la categoría de experto) y en el caso de ARH, competente un 45,5%, principiante un 50% y experto 4,5%.

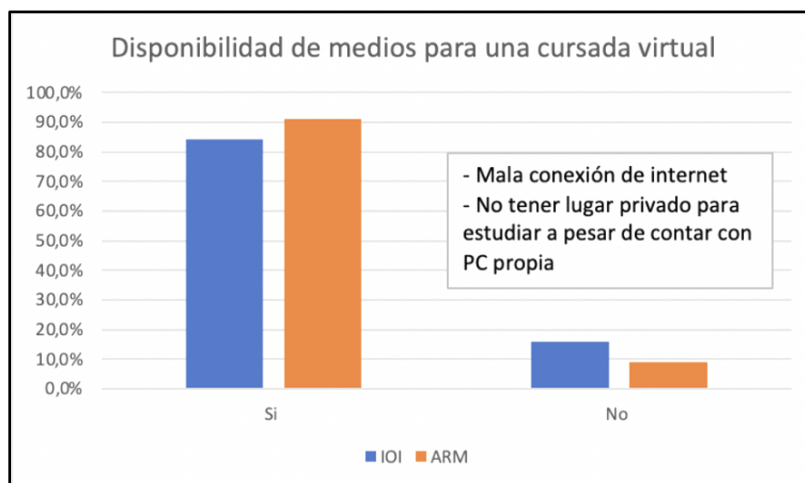


Figura 3 Disponibilidad de medios para una cursada virtual

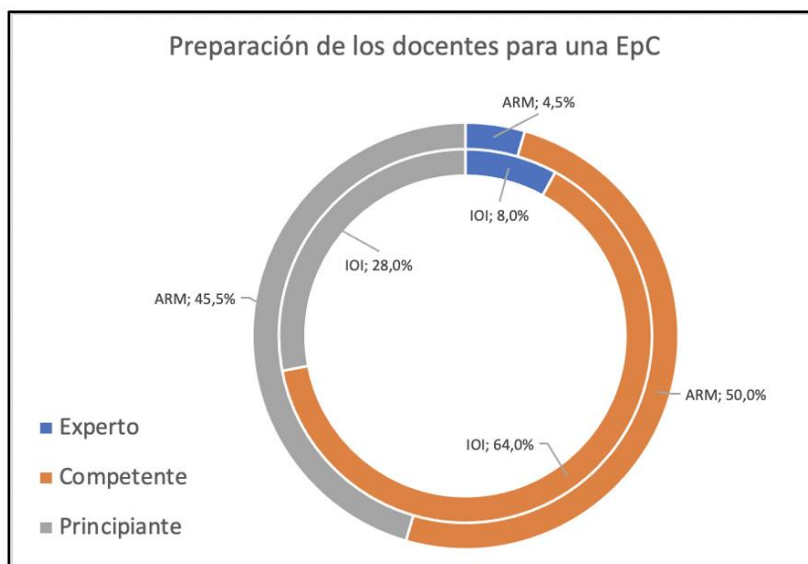


Figura 4 Preparación de los docentes para una educación por competencias

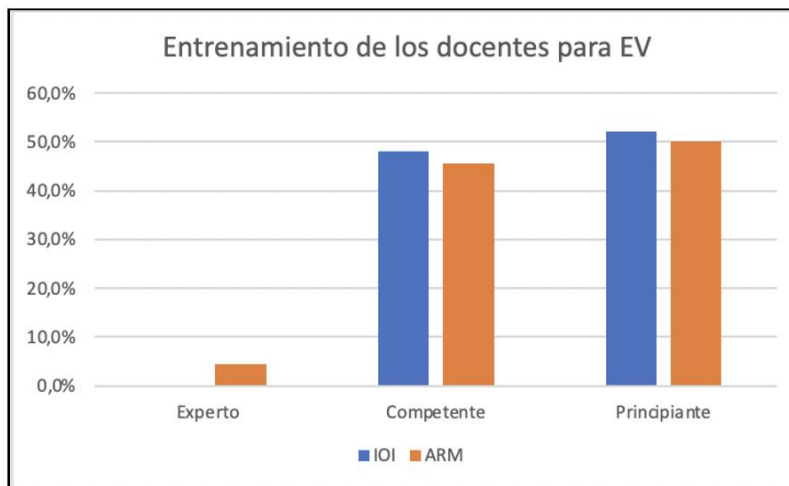


Figura 5 Entrenamiento de los docentes para una educación virtual

Respecto a la percepción sobre su desempeño promedio como estudiante en la presencialidad contrastado con su desempeño actual, los estudiantes consideran que hay competencias que han desarrollado estudiando virtualmente, de las cuales se destacan tres por su repetitividad. En este caso debían utilizar una escala de 1 a 5 donde 1 es “Nada importante” y 5 “Muy importante”. Al observar la figura 6 se aprecia que aquí no hay concordancia entre los grupos. Los estudiantes de IOI consideran: **Aprendizaje autónomo** como importante, luego **Trabajo en grupo/equipo** como indiferente y por último **Gestión del tiempo** también como indiferente. En cambio, para ARH resultan: **Gestión de emociones/Paciencia** como muy importante, luego también la **Gestión del tiempo/Flexibilidad** como importante y **Trabajo en equipo** también como importante. Tal cual se hace evidente en estos resultados, el desarrollo de las competencias para el trabajo en equipo y la flexibilidad para la gestión del tiempo son valoradas por los estudiantes que componen la muestra, dado que ya se había corroborado en otras respuestas dadas.

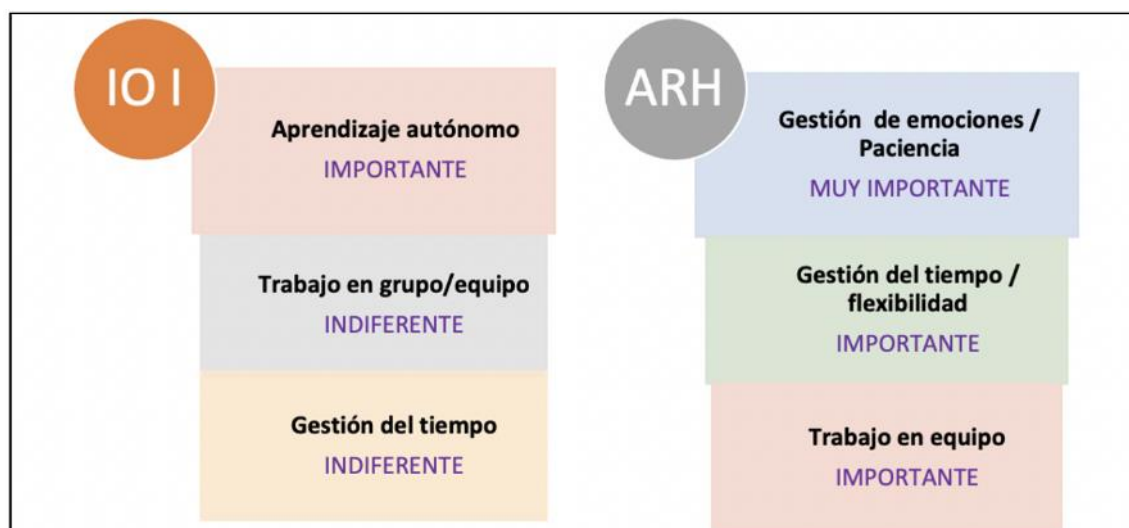


Figura 6 Percepción sobre su desempeño promedio como estudiante contrastado con su desempeño actual

Al consultar sobre la experiencia como estudiante en educación virtual, se muestra en la Figura 7 que en el grupo de IOI un 76% indica que no tuvo experiencia alguna mientras que en ARH lo hace un 81,2%. Si tuvieron algo de experiencia un 24% en el grupo de IOI predominando los cursos online y un 18,2% en el grupo de ARH en el cual no predomina ninguna de las alternativas planteadas.

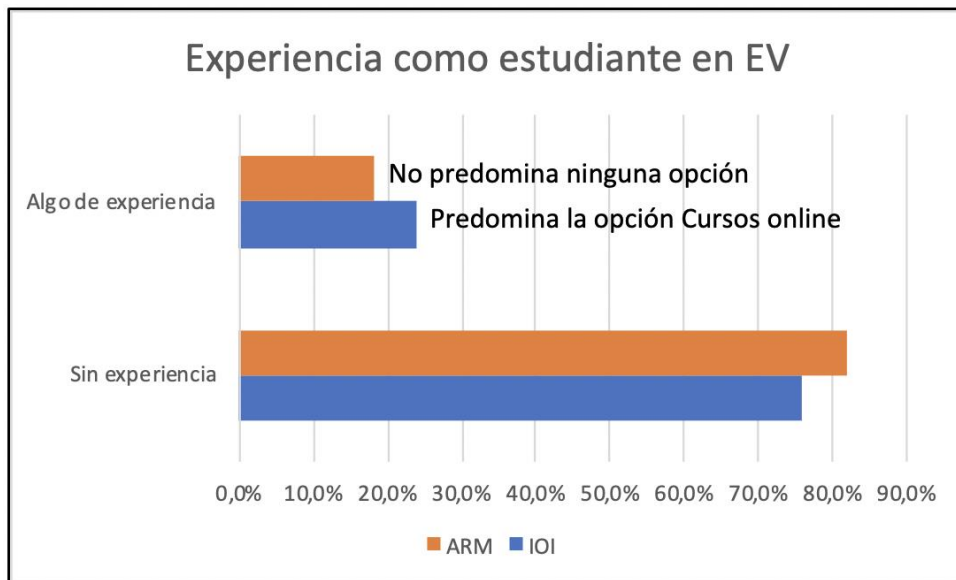


Figura 7 Experiencia como estudiante en educación virtual

Referente a su experiencia en la virtualidad como estudiante, ver Figura 8, en la FI un 60% indica bajo, un 32% medio y el restante 8% alto en IOI y 72,7% indica bajo y un 27,3% medio en ARH, no habiendo ninguno alto.

En cuanto a los tres aspectos a destacar de la experiencia ambos grupos expresan gran compromiso de la cátedra y manejo de la virtualidad. En cuanto a gran compromiso de la cátedra se ve reflejado en expresiones como: “comprensión hacia los estudiantes”, “predisposición”, “calidad y cantidad de material bibliográfico”, “organización y cumplimiento de lo pautado”, “paciencia”, “preocupación”, entre otros. En IOI el tercer aspecto a destacar es la “Posibilidad de ver la clase en cualquier momento”, mientras que en ARH, exponen que las profesoras son buenas docentes.

En cuanto los tres aspectos a mejorar, ver figura 9, no se vislumbran coincidencias dado las diferentes metodologías y temáticas de las asignaturas. Mientras que en IOI proponen mayor ejemplificación de los trabajos prácticos en forma sincrónica, adjuntar las respuestas en simultáneo con las guías de trabajos prácticos y pruebas de autoevaluación sin fecha de vencimiento, en ARH indican mayor debate de los trabajos prácticos en forma sincrónica, corregir los trabajos prácticos entre todos para conocer respuestas alternativas y reorganizar el campus para ser más sencillo encontrar el material.

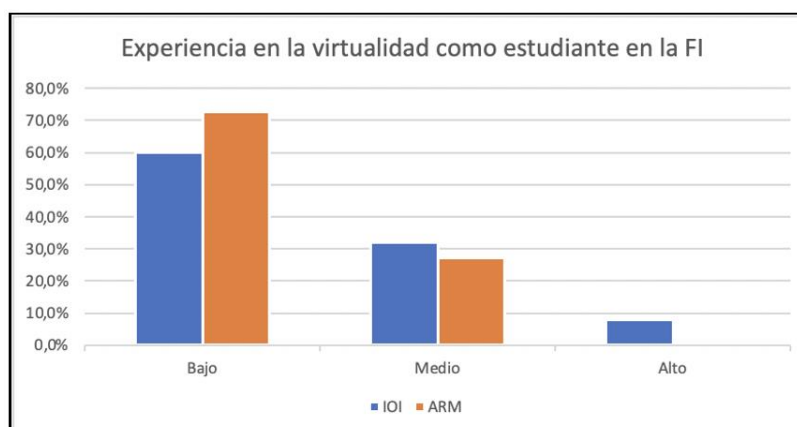


Figura 8 Experiencia como estudiante en educación virtual en la Facultad de Ingeniería



Figura 9 Experiencia como estudiante en educación virtual en la Facultad de Ingeniería

En cuanto a las preferencias sobre el tipo de clases se observan posiciones contrapuestas, como expone la Figura 10. Mientras que en IOI hay una marcada división entre clases asincrónicas y sincrónicas en ARH la inclinación por clases asincrónicas supera el 80%. Sin embargo, al consultar cuales son las preferencias para cada tipo de clases ambos grupos coinciden- Para el tipo asincrónicas indican Videos y Clases teóricas y para las sincrónicas Clases de consulta, resolución de problemas, cuestionarios y debates.

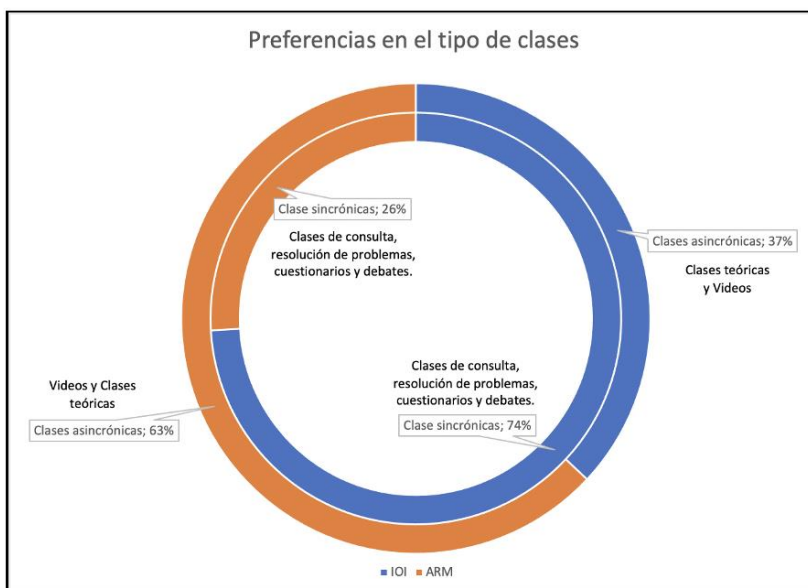


Figura 10 Preferencias sobre el tipo de clases

Por último, en la Figura 11, se aprecian las respuestas respecto a si en la cursada presencial considera que se aprende más que en una cursada virtual, las mismas arrojaron lo siguiente : “Igual” un 48%, 36% “Menos”, 12% “Más” y el restante 4% “Mucho más”. Ninguno indico “Mucho menos”, en IOI. En ARH se dieron resultados similares, “Igual” un 36,4%, 31,8% “Menos”, 27,3% “Más” y el restante 4,5% “Mucho más”. Ninguno indicó “Mucho menos”.

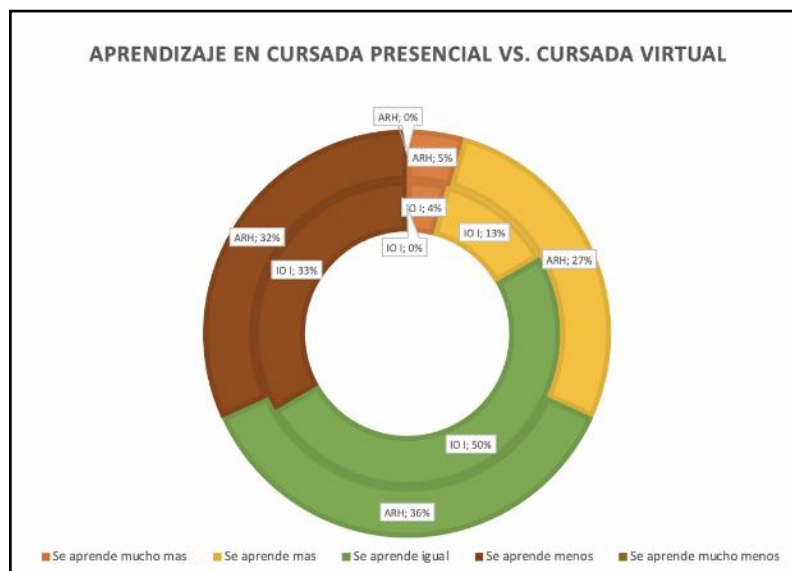


Figura 10 *Aprendizaje en Cursada presencial versus Cursada virtual*

Respecto al porqué de la respuesta surgen expresiones como las siguientes:

- De manera presencial podríamos debatir las distintas opiniones sobre los casos analizados en la práctica (respuesta con más ocurrencia en ARH)
- Las clases grabadas pude verlas con más detalle y para repasar (respuesta con más ocurrencia en IOI y recurrente en ARH)
- Vivimos una situación de presión bastante aguda, considero que por la disposición de ustedes como docentes tuvimos los momentos y el contenido necesario para incorporar los temas abarcados.
- Tuve tiempo para estudiar más al no tener que trasladarme
- NO trabajar por la cuarentena me brindó más tiempo
- A pesar de tener disponible el material se requiere esfuerzo y compromiso
- Prefiero el profesor enfrente mío para consultarle en el momento, además no es siempre fácil explicar las dudas por foro o mail.
- Los docentes se vieron obligados a evaluar los conceptos aplicados sobre casos prácticos/reales, lo cual considero que es mucho más productivo y más difícil de que se borren los conocimientos.

A partir de la diferenciación que autores especialistas [9], realizan del tema, se puede visualizar que en ambas asignaturas se han combinados elementos de Educación Virtual (a distancia) con herramientas de corte Remoto; el poder leer en resultados que los estudiantes priorizan el intercambio con pares, para debatir prácticas y el relacionarse cara a cara con el docente, para preguntar y profundizar en tiempo real es muy satisfactorio. A pesar de ello, se puede ver también que las distintas propuestas puestas en marcha en un contexto de emergencia, han sido plenamente aceptadas por la muestra, dado que ninguno expone haber aprendido menos. También los resultados mostrarían que los estudiantes, son críticos en cuanto a la formación en competencias para impulsar y gerenciar la virtualidad, y ponen en valor los esfuerzos docentes por esta adaptación.

5. CONCLUSIONES

Como hemos indicado en los resultados, los procesos de interacción interpersonal y social que se producen durante las actividades de enseñanza y aprendizaje tanto en las modalidades educativas a distancia o virtuales están delimitadas, en general, por el tipo de organización de la actividad educativa en concreto y por las posibilidades tecnológicas que les permitan a los docentes mediar los procesos comunicativos. También como se ve en los resultados, en ocasiones, tener acceso a la tecnología no solamente es contar con los medios físicos sino con la conectividad exigida (como buenas conexiones de *wifi*, redes estables, disponibilidad de un dispositivo personal), por tanto, el escenario es complejo y los docentes y estudiantes se van adaptando inmersos una realidad que se impone. Lamentablemente el acceso o no a la tecnología profundiza diferencias y en los casos reportados por los estudiantes acceder, pero tener obstáculos (conectividad y/o compartir dispositivos) también dificulta el aprendizaje.

En relación a las competencias docentes de cara a la transformación de enseñanza tradicional presencial a la mediada por la tecnología, se puede ver una valoración positiva, de los estudiantes, hacia los desempeños de los docentes en ambos casos; realizando críticas constructivas

seguramente para repensar.

En cuanto a las competencias profesionales que los participantes del estudio desarrollaron, se podría pensar que las dos submuestras se presentan con diferencias tal vez atendiendo a sus edades promedio: en IOI es de 22 años y en ARH 23 años; así como el primer grupo respectivamente está cursando cuarto año el 86,4% y en el segundo caso, el 88% está cursando tercer año. Para el primer caso, se autopercebe haber desarrollado competencias para el Aprendizaje autónomo, el Trabajo en grupo/equipo y la Gestión del tiempo (pero asignando valores de baja importancia). En cambio, para ARH resultan destacadas con altos valores, las siguientes competencias: Gestión de emociones/Paciencia, la Gestión tiempo/Flexibilidad y el Trabajo en equipo.

Finalmente cabe aclarar que, si bien se están estudiando dos temas complementarios como lo son la formación por competencias y la educación virtual, ambos son muy amplios. Para profundizarlos seguramente sería preciso realizar otros estudios con objeto de saber si estas variables y valores hallados son constantes en el tiempo, o de algún modo han sido afectados a la luz del ASPyO y efectos colaterales de convivir en la Pandemia.

6. REFERENCIAS

- [1] CONFEDI. (2006). “Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino”. *40° Plenario de Decanos realizado en octubre de 2006*. Bahía Blanca, Argentina.
- [2] Artigas, M. V.; Onaine, A. E.; Santille, L. S.; (2018). “Haciendo foco en la conceptualización de las competencias: análisis del impacto para las carreras de Ingeniería”. *XI COINI 2018*. Mendoza, Argentina,
- [3] Roegiers, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. San José, Costa Rica. Colección IDER: Investigación y desarrollo educativo regional. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI.
- [4] Perrenoud, P. (2002). *Construir Competencias desde la Escuela*. Dolmen Ediciones. Santiago de Chile.
- [5] Documento: Proyecto Tuning. (2006). Bologna Recuperado de: http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Spanish_version.pdf
- [6] Tobón, S., Pimienta Prieto, J., García Fraile, J. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias*. Pearson Educación. México.
- [7] Kowalski, V. A.; Erck, I. M.; Enríquez, H. D. (2018). “Módulo 1: Competencias y Resultados de Aprendizaje”. *Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias*. Universidad Nacional de Misiones.
- [8] Cukierman, Uriel. (2018). “Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería”. *Materiales para capacitación de CONFEDI*.
- [9] Sela, Pablo (2020) Videoconferencia Emprendedurismo. 16 de junio de 2020. Red Emprendedur.
- [10] Barberà Gregori, Elena; Badia Garganté, Antoni. (2005). “El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior”. *Revista de universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 2, N° 2. Cátedra Unesco de e-learning de la UOC.
- [11] Castañeda, Manuel M. (2012). *Veinte visiones de la educación a distancia*. Universidad de Guadalajara, Sistema de Universidad Virtual, EDVIRTUAL.
- [12] Kearsley, G. (2000). *Online Teaching*. Canadá: Wadsworth.

Ingeniería Industrial: El desafío de aprender a la distancia

Passarello, Milba; Perez, Juan Andrés*; Risiglione, María Laura; Simón, Virginia

*Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.
Av. Constitución y Ruta Nac. N° 5. Luján (Bs As).
perezjandres@hotmail.com / laura_risiglione@hotmail.com*

RESUMEN.

El contexto de emergencia pública sanitaria provocada por la Pandemia del COVID-19 y el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, ha obligado al Sector Educativo en general, y Universitario en particular, a replantearse los recursos, las herramientas y las metodologías disponibles, a los fines de favorecer la continuidad pedagógica de sus actividades académicas. Los estudiantes, en tanto actores fundamentales y centrales en la comunidad universitaria, están llevando a cabo un esfuerzo difícil de cuantificar, en un contexto de incertidumbre y temor generalizado, cada uno con sus posibilidades y limitaciones. Ante esta coyuntura, se advirtió la necesidad de analizar las percepciones de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, a fin de contribuir al rediseño y a la adecuación de las prácticas de enseñanza-aprendizaje en la virtualidad. Consecuentemente, se decidió proceder a realizar una investigación de campo, para comprender el alcance y las limitaciones de la implementación de la modalidad virtual en el desarrollo de las actividades académicas de Ingeniería Industrial, así como también las percepciones acerca de los contenidos y abordajes disciplinares. Para ello se diseñó un instrumento de recolección ad-hoc de datos (formulario/cuestionario) destinado a relevar información de la población de estudiantes activos en la carrera. Los resultados del relevamiento permiten afirmar que la virtualidad resulta ser una modalidad de cursada posible, con poderosas ventajas, pero con aspectos todavía a ser trabajados: la conexión y el acceso a internet de los estudiantes, así como la tecnología disponible y el espacio físico en el hogar. Asimismo, las prácticas de enseñanza, contenidos y metodologías merecen cuidadosa atención. La necesidad de balancear el trabajo sincrónico y asincrónico, en tanto, se posiciona como una estrategia clave para sostener la motivación, favorecer la permanencia de los estudiantes y reducir la tasa de deserción en las actividades académicas.

Palabras Claves: Pandemia - Estrategias – Universidades – Clases virtuales – Metodologías

ABSTRACT.

The public health emergency context caused by the COVID-19 Pandemic and Preventive and Mandatory Social Isolation, has forced the Education Sector in general, and the University Sector in particular, to replace the available resources, tools and methodologies, in order to promote the continuity of their pedagogical academic activities. Students, as fundamental and central actors of the university community, are carrying out the situation with hard to quantify efforts, in a context of generalized uncertainty and fear, also conditioned by their own possibilities and limitations. Due to this new reality, was detected the necessity of carrying out an investigation focused on collecting and analyzing the perceptions of Industrial Engineering students from the National University of Luján, with the purpose of contributing to the redesigning and adaptation of teaching-learning practices under virtual reality. Consequently, a field investigation took place in order to understand the scope and limitations of virtual modality implementation on the development of academic Industrial Engineering activities, as well as the insights about contents and disciplinary approaches. Therefore, an ad-hoc data collection instrument (form / questionnaire) was designed to gather the relevant information from active students from the career. Survey's results allow us to affirm that course lessons under virtual reality are possible which have powerful advantages, but there still unsolved aspects, such as Internet connection and students access to it, as well as the availability of technology and physical space at home. Additionally, teaching practices, contents and methodologies deserve careful attention. The need to balance synchronous and asynchronous work, meanwhile, is positioned as a key strategy to enable student's permanence and reduce the dropout rate of academic activities.

Key Words: Pandemic - Strategies - Universities - Virtual classes - Methodologies

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Fundamentos

El contexto de emergencia pública sanitaria provocada por la Pandemia del COVID-19 [1] y el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio [2], han irrumpido en el escenario nacional de un modo súbito e inesperado. Al igual que debieron adaptarse a la coyuntura todos los sectores económicos, también debió hacerlo el sector educativo en general y el universitario, en particular.

En efecto, la situación epidemiológica ha exigido a las universidades la adopción de medidas urgentes, de conformidad con las recomendaciones de los Ministerios de Salud y Educación. Así es que, habiendo sido decretada la ampliación de la emergencia pública en materia sanitaria establecida por la Ley N° 27.541 por el plazo de un (1) año [3], el Ministerio de Educación encomendó a las instituciones universitarias evaluar sus condiciones de funcionamiento [4]. Consecuentemente, las universidades debieron establecer una serie de acciones inmediatas, en el marco de la contingencia.

En concordancia, a una semana de iniciadas las clases [5] el 16 de marzo de 2020 el Rectorado de la Universidad Nacional de Luján resolvió *“Suspender hasta el día 28 de marzo de 2020 inclusive: a) Las clases y prácticas presenciales b) Las clases y prácticas de estudiantes en centros de salud o instituciones públicas o privadas c) Las actividades extracurriculares académicas o científicas, como conferencias, seminarios, congresos y talleres d) Las actividades de extensión universitaria y deportivas (...)”* [6], resolución que luego sería prorrogada conforme la continuidad del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio [2,7]

Tres semanas más tarde, el Ministerio Educación resolvería *“Recomendar a las Universidades Nacionales (...) la readecuación del calendario académico 2020, teniendo en cuenta la especificidad de la enseñanza universitaria, garantizando las cursadas en las modalidades periódicas que normalmente se desarrollan en un año académico, manteniendo la calidad del sistema universitario”* [8]. Dando así, un marco formal a las instituciones universitarias para reformular sus calendarios académicos, al mismo tiempo que abría paso a la discusión, respecto de la modalidad de enseñanza-aprendizaje a adoptar.

Con estos nuevos lineamientos ministeriales, el Rectorado de la Universidad Nacional de Luján, (ad referéndum del H. Consejo Superior) resolvió *“Garantizar que el cuatrimestre en curso se va a desarrollar contemplando todas las modalidades que resulten necesarias para dar cumplimiento a los objetivos de cada actividad académica...”*, readecuar el calendario académico y *“Convalidar todas las acciones que se desarrollan mediante la modalidad no presencial, incluyendo instancias de evaluación, adoptadas por el docente responsable de cada actividad académica y avaladas por la Unidad académica correspondiente”* [10]. Mediante este acto, se avaló la virtualidad como modalidad posible para garantizar la continuidad de las clases y se dejó establecido el mecanismo por el cual las estrategias de enseñanza y los criterios de evaluación y calificación adoptados por las asignaturas debían validarse, ante los evidentes obstáculos impuestos para cumplir con los programas vigentes.

El calendario académico sería finalmente rectificado el 1º de Junio de 2020 [12] estableciendo cuatro semanas de presencialidad para aquellas asignaturas que así lo requerían. Este aliciente produjo que la mayor parte de las asignaturas terminara de definir o bien reformulara los criterios, ante la esperanza de contar con ese tiempo. Finalmente, lo proyectado sería luego imposible de ejecutar, en tanto la propagación del COVID-19 en el AMBA continuaba impidiendo el retorno a la presencialidad en las instituciones educativas [13].

La condición de aislamiento y la consecuente imposibilidad de continuar con las actividades presenciales, ha llevado a que docentes y estudiantes debieran afrontar un proceso de adaptación a una modalidad de educación en la virtualidad, de forma abrupta e imprevista, sin un período de capacitación o preparación previa. No hubo tiempo para familiarizarse con las estrategias de enseñanza en entornos educativos exclusivamente digitales.

Los desafíos de la modalidad no presencial atañen en igual medida a ambas partes: docentes y estudiantes. Cada uno, desde su lugar, ha llevado adelante un esfuerzo difícil de cuantificar, en post de sostener la calidad del proceso, aún en un contexto de incertidumbre y temor generalizado [14]. Los docentes, por su parte, han tenido que replantearse los recursos, las herramientas y las metodologías a emplear, a los fines de favorecer la continuidad pedagógica de las actividades académicas. Asimismo, han tenido que tomar decisiones de compromiso rápidas, balanceando lo óptimo con lo posible, teniendo en cuenta no solo los objetivos de aprendizaje, sino también, la naturaleza de los contenidos disciplinares. A lo estrictamente académico a su vez, se sumó la necesidad de considerar la singularidad de los estudiantes y sus condicionamientos para el estudio, signados por el aislamiento, la situación socioeconómica, la disponibilidad de recursos tecnológicos y el déficit habitacional [15]. Sin dudas un arduo trabajo.

En efecto, un estudio del Departamento de Tecnología de principios de abril de 2020 arroja que el 59% de los docentes calificó con 7 o más de 7, el nivel de esfuerzo demandado para la adaptación a la modalidad virtual. Consultados respecto de los problemas que evidencian en la población de estudiantes, los docentes refieren que la conectividad es el principal condicionamiento. En cuanto a las herramientas empleadas, se indica el correo electrónico, la Plataforma Digital E-ducativa UNLu y las plataformas de teleconferencias como las más utilizadas, siendo el Zoom la preferida. De acuerdo a este estudio, las preocupaciones docentes se centran en la imposibilidad de concretar los viajes curriculares previstos en los programas y los mecanismos de evaluación y calificación a implementar en la virtualidad [11].

El contexto a su vez, signado por el encierro, la preocupación, el miedo, la incertidumbre y la ansiedad [16], demandó de los docentes diseñar estrategias que potenciaran la cercanía y el acompañamiento. La necesidad de motivar pasó a un primer plano, sobre todo en la población de ingresantes [17]. En efecto, y de acuerdo a RAYON, la planificación y el diseño de las actividades académicas virtuales resulta ser un elemento fundamental a fin de fomentar la participación, el involucramiento, el engagement y la motivación de los estudiantes, resaltando la necesidad de incorporar actividades sincrónicas. Las actividades asincrónicas, en tanto, también resultan valiosas, dado que permiten atender a las diferencias interpersonales, respecto al ritmo de aprendizaje de los estudiantes y sortear algunos condicionamientos del hogar [18].

Ahora bien: *¿Qué sucede con los estudiantes?* Aprender a la distancia exige un rol más activo en el aprendizaje, para ello, es imprescindible desarrollar una serie de competencias, entre las que se destaca el aprendizaje autónomo [15 y 19]. De no haber sido adquiridas con anterioridad, un pobre desarrollo de estas competencias, puede comprometer la permanencia en la carrera. Esta situación resulta particularmente preocupante en la población de ingresantes [17].

A su vez, sucede que, en el ambiente físico de la universidad, están dadas las condiciones para minimizar el efecto contraproducente y desalentador de la diversidad socioeconómica, los déficits habitacionales y las condiciones de infraestructura tecnológica. Sin embargo, las mismas características, cobran especial relevancia en el entorno del hogar: la calidad de la conexión a Internet, la disponibilidad de dispositivos y de espacio físico adecuado, entre otras características particulares, resultan ser los principales condicionantes para la continuidad del proceso pedagógico [15].

Sumado a esto, los condicionamientos propios del aislamiento (presencia familiar en casa, modificación en la rutina laboral de acuerdo a la esencialidad de la tarea, otras labores y responsabilidades) y los condicionamientos psicológicos derivados de la Pandemia (miedo, incertidumbre, ansiedad, etc.) aquejan a todos los protagonistas (docentes y estudiantes) bloqueando el desempeño laboral y el aprendizaje. En este sentido, un estudio realizado por la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires indica que los jóvenes son quienes más problemas psicológicos exhiben para llevar adelante el encierro y la cuarentena [16].

Dada la carencia de información de índole institucional para proceder a caracterizar a los estudiantes y sus percepciones respecto de la modalidad virtual, un gran número de asignaturas realizaron esfuerzos individuales para obtener datos, mediante la utilización de formularios web o bien, mediante la consulta grupal. Dichos esfuerzos, tenían repercusión sólo sobre la asignatura particular que los llevaba adelante, sin que existiese un mecanismo de integración horizontal que permitiera a otras asignaturas valerse de dicha información para readecuar sus prácticas [17].

En este contexto, se vislumbró la necesidad de realizar una contribución, relevando y analizando las percepciones de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, luego de transcurridas tres semanas desde el inicio del aislamiento y un nuevo relevamiento hacia finales de cuatrimestre, a fin de obtener información que sirva de instrumento para mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje, en el contexto único y excepcional que impone la Pandemia de COVID-19.

En consecuencia, se decide realizar una investigación de campo sobre la población de estudiantes activos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, a fin de evaluar el alcance y las limitaciones de la implementación de la modalidad no presencial en el desarrollo de las actividades académicas de la carrera, así como también las percepciones acerca de las estrategias de abordaje disciplinar implementadas y el propio desempeño individual de los estudiantes.

1.2 Objetivos.

1.2.1 General.

Relevar y analizar las percepciones de los estudiantes, a fin de obtener información que pueda contribuir a mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje en la Carrera de Ingeniería

Industrial de la Universidad Nacional de Luján, bajo la modalidad no presencial, introducida a raíz de la Pandemia de COVID-19.

1.2.2 Específicos.

- Diseñar un instrumento de recolección de datos adecuado a fin de recabar, analizar y valorar las percepciones de los estudiantes activos de la carrera de Ingeniería Industrial, respecto de la modalidad no presencial.
- Detectar los principales condicionamientos de los estudiantes para el estudio en modalidad no presencial.
- Realizar un análisis de los datos obtenidos a fin de evidenciar si la experiencia virtual ha sido efectiva en términos de percepción individual del desempeño.
- Recoger las principales preocupaciones de los estudiantes, a fin de poner a disposición para evaluar las medidas que resulten convenientes.
- Brindar información relevante para la mejora de las condiciones de enseñanza y aprendizaje en la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, en virtud de una posible extensión de la emergencia sanitaria y la imposibilidad de retomar la modalidad presencial para el segundo cuatrimestre del año.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Materiales.

- Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Industrial UNLu (25.08)
- Formularios de Google Forms.
- Programa InfoSTAT y planillas de cálculo.
- Plataforma Digital E-ducativa (UNLu)

2.2 Métodos.

Se ha empleado una metodología cuali-cuantitativa, con predominio cualitativo. La unidad de análisis se refiere a los estudiantes activos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, con independencia del grado de avance de los mismos.

La recolección de la información se ha realizado a través de encuestas. A tal fin, se diseñaron dos instrumentos de recolección ad-hoc (formularios/cuestionarios), que fueron luego sistematizados mediante plataformas digitales, a efectos de facilitar la recolección, el análisis y la interpretación de los datos.

Las encuestas se han definido de forma anónima y voluntaria, y han sido enviadas a la totalidad de los estudiantes activos 2020, a través de la plataforma virtual de la carrera. Debido a que en la misma no se contaba aún con los ingresantes al momento de realizar los relevamientos, se accedió a esta población particular, a través de la plataforma virtual de la asignatura introductoria (40801) En el marco de la investigación se han llevado dos relevamientos, uno al inicio y otro hacia el final del cuatrimestre. Las encuestas empleadas en cada caso, no superaron las 16 preguntas.

Los instrumentos se han diseñado semiestructurados, contemplando preguntas abiertas y cerradas (de respuesta única o respuesta múltiple) con el fin de permitir un mejor entendimiento de cada uno de los aspectos relevados. Dependiendo del formato de pregunta, para las respuestas se utilizaron escalas de Likert de 5 puntos y escalas continuas numéricas (1-10). Todas las preguntas se configuraron con respuesta obligatoria, excepto la pregunta abierta.

La tabla que se presenta a continuación, resume las variables consideradas en cada relevamiento, el tipo de pregunta, formato y tipo de respuesta, y escala utilizadas en cada caso.

Tabla 1 *Parámetros de diseño de los instrumentos de recolección de datos*

VARIABLE		R-1	R-2	Tipo de pregunta	Formato respuesta	Tipo de respuesta	Escala
Caracterización	Asignaturas en curso	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Múltiple	-
Infraestructura tecnológica y condiciones habitacionales de los estudiantes	Disponibilidad de Internet en el hogar	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
	Disponibilidad de dispositivos	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
	Disponibilidad de lugar físico adecuado para el estudio	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
Condiciones de enseñanza-aprendizaje virtual	Estrategias de enseñanza empleadas por los equipos docentes	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Múltiple	-
	Plataformas utilizadas por los equipos docentes	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Múltiple	-

	Organización de las asignaturas	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
	Materiales e instrucciones para el estudio remoto (calidad y cantidad)	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
	Comunicación con equipos docentes	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
	Nivel de acompañamiento remoto	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
	Comunicación de los criterios de calificación y evaluación	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
	Exámenes parciales virtuales	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
Percepción del desempeño individual en la modalidad virtual	Continuidad de los estudios virtuales	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
	Seguimiento de las actividades	.	.	Cerrada	Escala continua	Única	Numérica
	Organización del tiempo	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	Likert
	Organización del tiempo (motivo principal)	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Única	-
Preocupaciones de los estudiantes	Instancias que más preocupación despiertan	.	.	Cerrada	Opciones múltiples	Múltiple	-
	Comentarios e inquietudes	.	.	Abierta	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Para validar los instrumentos se utilizó el juicio de expertos, seleccionando para ello profesionales de la ingeniería con experiencia en la elaboración de este tipo de encuestas.

El primer relevamiento (R-1) se llevó a cabo desde el 3 de abril a las 20 hs al 6 de abril a las 23:59 hs (76 hs totales), habiéndose cumplido tres semanas desde la suspensión de clases presenciales. El segundo relevamiento (R-2) se llevó a cabo desde el 29 de junio a las 21 hs al 7 de julio a las 8.00 hs (179 hs totales), a quince semanas desde la suspensión de las clases presenciales. La diferencia significativa en la ventana de tiempo para las respuestas del segundo relevamiento (R-2) estuvo asociada a la temporalidad y solapamiento con instancias parciales y/o finales, que aletargaron la participación del público objetivo.

Una vez concluidos los relevamientos, se tabularon los datos obtenidos, se validaron las respuestas y se procedió a realizar el análisis estadístico. A continuación, se resumen los principales resultados de la investigación.

3. RESULTADOS.

3.1. Tamaño de la muestra.

En R-1, el tamaño de la muestra fue de 451 estudiantes (129 ingresantes), mientras que en R-2, el tamaño de la muestra fue de 326 estudiantes (77 ingresantes). En ambos casos se obtuvieron respuestas de estudiantes de todos los cuatrimestres impares. A continuación, se muestra una tabla que resume el alcance de los relevamientos.

Tabla 2 Alcance de los relevamientos

	R-1	R-2
Fecha de ejecución	3/4/2020 – 6/4/2020	29/6/2020 – 7/7/2020
Total de estudiantes encuestados	451	326
Ingresantes encuestados	129	77
Estudiantes activos	812	812
Alcance del relevamiento sobre estudiantes activos	56%	40%

Fuente: Elaboración propia, en base a Google Forms. La proyección de estudiantes activos a 2020 en cada carrera ha sido realizada considerando un comportamiento lineal ($R^2 = 0,98$) en base a los datos proporcionados en los Informes Anuales de Estadísticas Educativas UNLu.

En cuanto a la pregunta abierta, un 38% de los encuestados optó responder mediante comentarios y aportes en R-1. En tanto, en R-2, se obtuvo un porcentaje apenas inferior de participación (36%).

Siendo que se trata de una encuesta no institucional y de participación voluntaria, llevada adelante por un grupo de docentes y estudiantes de ingeniería, se considera el tamaño de la muestra adecuado y representativo de la población en estudio.

Resulta importante destacar que la proporción de ingresantes que respondieron a R-2, asciende a un valor de 24%, inferior al observado en R-1 (29%).

3.2. Infraestructura tecnológica y condiciones habitacionales de los estudiantes.

Al respecto de la disponibilidad de Internet en el hogar, en el primer relevamiento el 11% de los estudiantes dice contar solo con Datos Móviles, mientras que un 89% cuenta con Datos Móviles e Internet. No se registran respuestas de estudiantes *Sin servicio* (se infiere que dadas las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo los relevamientos, se encuentran fuera del alcance: Ver Limitaciones). Hacia el mes de julio, se observa que un 22% ha mejorado su condición en cuanto a la conectividad, mientras que el 12% refiere haber empeorado, respecto al inicio de la cursada virtual.

Al respecto de la disponibilidad de computadoras u otros elementos, se observa que un 56% cuenta con más de un dispositivo para el estudio, mientras que el 18% de los estudiantes disponen únicamente de un Smartphone. Dos meses después, un 14% de los encuestados indica haber mejorado la accesibilidad a dispositivos.

Al respecto de la disponibilidad de un lugar físico en el hogar para la realización de las actividades, se observa que el problema por falta parcial o total de espacio físico, se eleva a más de la mitad (51%) de los encuestados.

3.3. Condiciones de enseñanza-aprendizaje virtual.

En cuanto a los medios utilizados por los equipos docentes, la plataforma institucional (E-ducativa) ha recibido la mayor cantidad de menciones. El correo electrónico (externo a Plataforma) se posiciona en segundo lugar. La plataforma de teleconferencias Zoom y la plataforma de contenidos YouTube, se posicionan en tercer y cuarto lugar, respectivamente.

Para complementar estos datos, aproximadamente un tercio de los comentarios recogidos en la pregunta abierta en R-1, destacan la utilidad y conveniencia de utilizar herramientas audiovisuales, con preferencia por las que permiten la interacción sincrónica con el docente y/o sus propios compañeros.

Respecto de los materiales de estudio, el material bibliográfico de lectura recibió la mayor cantidad de menciones. Clases en vivo, diapositivas con audio y clases grabadas se posicionan en segundo lugar con aproximadamente igual cantidad de menciones cada uno. Las diapositivas sin audio se ubican en último lugar. Se observa, en general, que al menos dos de cada tres estudiantes manifiestan satisfacción sobre las instrucciones que acompañan a los materiales compartidos por los equipos docentes.

Consultados respecto a las estrategias de enseñanza implementadas, solo el 8% de los encuestados señala que las mismas han empeorado, en algún grado, hacia finales de cuatrimestre. El 65%, por el contrario, percibe algún grado de mejora.

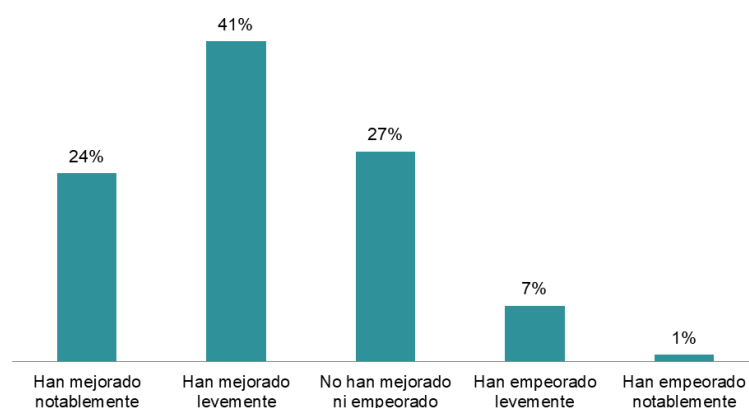


Figura 1. Estrategias de enseñanza implementadas por las asignaturas respecto al inicio de la virtualidad

Fuente: Elaboración propia, en base a Google Forms

Consultados en cuanto a la organización de las actividades de las asignaturas, el 39% de los encuestados considera que mejoró y solo el 9% ha señalado que la organización ha empeorado respecto al comienzo de clases virtuales.

Acerca de la percepción estudiantil del nivel de acompañamiento remoto por parte de los equipos docentes, se observa que en abril el 80% de los estudiantes dice sentirse “Muy acompañado” y “Acompañado”, porcentaje que se mantiene en el relevamiento realizado en julio.

En cuanto a la comunicación con los equipos docentes, en los relevamientos de abril y julio, se sostiene la proporción de estudiantes (81%) que consideran que la comunicación puede considerarse dentro de las categorías “Fluida” y “Muy fluida”. Sin embargo, consultados respecto a los criterios de evaluación y calificación adoptados por las asignaturas, el 30% de los encuestados refiere que los criterios no han sido comunicados o bien, que no han sido comunicados oportunamente.

En relación con los exámenes parciales virtuales, el 72% de los encuestados opina que los exámenes parciales han resultado “Muy adecuados” o “Adecuados”. Solo un 7% muestra disconformidad respecto de los exámenes.

3.4. Percepción del desempeño individual en la modalidad virtual.

Al respecto de la continuidad de los estudios en la virtualidad hacia julio, un 74% de los estudiantes refiere sostener el cursado de todas las asignaturas. Un 24% indica continuar el cursado solo en algunas y un 2% indica haber abandonado por completo la cursada del primer cuatrimestre del año. (Ver Limitaciones).

Consultados respecto del principal motivo que llevó a abandonar parcialmente las asignaturas, los encuestados indican, casi en iguales proporciones (30-35%), no lograr adaptarse a la virtualidad, tener condicionamientos derivados de la situación o el contexto y tener “Otros motivos” no especificados. Cabe aclarar, sin embargo, que de los estudiantes que abandonaron la totalidad de las asignaturas (6 encuestados), ninguno señaló la adaptación a la virtualidad como principal motivo. Finalmente, el relevamiento incluyó tres preguntas tendientes a relevar la percepción individual del desempeño de cada estudiante en torno a su propio proceso de aprendizaje.

En cuanto al seguimiento de las actividades, el 79% de los encuestados se ha adjudicado una calificación de 6 o más de 6, al ser consultados respecto del entendimiento de los temas desarrollados y el cumplimiento de las tareas en tiempo y forma. Respecto del relevamiento realizado en abril, el promedio general resulta ser levemente superior en julio: 6,9 versus 6,2 ($t^m=2$). Resulta interesante destacar, que los promedios generales obtenidos para los ingresantes encuestados son coincidentes con los totales.

En relación con la organización del tiempo, el 47% de los estudiantes encuestados percibe una mejora hacia julio de 2020, de los cuales un 34% opina que esto se debe a una adaptación progresiva a la modalidad virtual, mientras que un 26% opina que las condiciones impuestas por la Pandemia y el aislamiento contribuyeron. Contrariamente, del 20% de encuestados que considera que su organización del tiempo empeoró, el 29% opina que fue por las condiciones impuestas por la Pandemia, mientras que un 20% indica que no pudo adaptarse a la virtualidad.

Consultados respecto del desempeño, medido en función de la condición final alcanzada en las asignaturas, solo el 1% de los encuestados indica no poder regularizar ninguna asignatura.

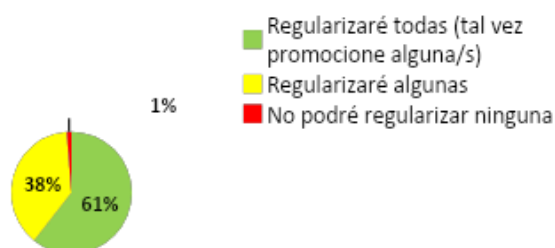


Figura 2. Percepción del desempeño individual en los estudios

Fuente: Elaboración propia, en base a Google Forms

3.5. Preocupaciones de los estudiantes.

En R-1, se observa que los estudiantes en general, manifiestan una elevada y distinguida preocupación por las instancias evaluativas, sean exámenes parciales y/o exámenes finales (43 y 25% de las menciones, respectivamente); seguida por instancias tales como los trabajos prácticos y guías de ejercicios (16 y 12% de las menciones, respectivamente).

En la pregunta abierta, se obtuvo un número de respuestas que se considera aceptable a los fines de la presente investigación, en tanto supera el 30% de participación de los encuestados en ambos

relevamientos, teniendo en cuenta que se trata de una pregunta de respuesta voluntaria. La mayor parte de las respuestas hacen referencia a asignaturas puntuales, señalando fortalezas y destacando buenas prácticas o bien, marcando debilidades y oportunidades de mejora. Las respuestas asimismo incluyen comentarios respecto a condiciones personales desfavorables (fundamentalmente en los ingresantes) y se manifiestan numerosas inquietudes respecto a las decisiones institucionales tomadas y las cuestiones aún no definidas. Se resalta la prevalencia de los comentarios asociados a la conveniencia de la utilización de plataformas para encuentros sincrónicos (cerca del 50% de los comentarios, en R-1).

4. CONCLUSIONES.

Atendiendo a la particularidad de la situación contextual, se puede concluir que el presente trabajo ha dado cumplimiento tanto al objetivo general como a los objetivos específicos formulados. Los instrumentos diseñados para la recolección de datos han permitido obtener información trascendente, y los medios empleados para recoger las percepciones de los estudiantes, han permitido alcanzar a una considerable proporción de estudiantes activos de la carrera de Ingeniería Industrial, considerando que se trata de una encuesta de carácter voluntario y no institucional. Los resultados obtenidos, han permitido elaborar conclusiones respecto de la modalidad virtual en general, los principales condicionamientos de los estudiantes, las estrategias, metodologías y herramientas puestas al servicio por los equipos docentes para la enseñanza y la percepción del desempeño individual.

Analizando comparativamente los resultados obtenidos en abril y julio, se evidencia una merma cercana al 28% en la cantidad total de respuestas. Esto puede deberse a que, al momento de la ejecución del segundo relevamiento, gran parte de los estudiantes se encontraba cerrando las actividades académicas, lo que puede haber reducido el tiempo disponible y la predisposición para responder a la encuesta. La merma podría deberse, asimismo, al desgranamiento del cuatrimestre, aunque aún no se cuenta con datos oficiales para establecer afirmaciones.

Respecto de los condicionamientos, resulta preocupante que una considerable proporción de estudiantes encuestados (11%) solo cuenta con datos móviles para llevar adelante la modalidad virtual, con una calidad de conexión variable según las zonas y el horario, y con un costo superior a la banda ancha. Asimismo, un porcentaje superior (18%) refiere contar solo con un Smartphone para seguir la cursada, un dispositivo que, dependiendo de las características técnicas y el grado de actualización tecnológica, genera limitantes a los fines de hacer uso de sistemas de edición tradicionales (paquete Office, Linux, u otro similar), aplicaciones para teleconferencias, u otros mecanismos de enseñanza en la virtualidad. De esta forma, puede decirse que un 18% de los estudiantes encuestados se encuentran en desventaja con quienes disponen de una computadora u otro dispositivo semejante. La mejora en la conectividad a Internet y en la disponibilidad de dispositivos que se evidencia hacia julio, permite suponer un esfuerzo de inversión individual o familiar, a fin de adecuarse a las circunstancias. La disponibilidad de espacio físico en el hogar, sin embargo, se posiciona como el principal condicionante, afectando a más de la mitad de los encuestados (51%).

Respecto a la comunicación y el acompañamiento, se percibe un alto nivel de conformidad en la mayor parte de los encuestados. Resulta importante destacar que se observa un grado de conformidad muy alto de los estudiantes respecto de las metodologías implementadas para los exámenes parciales, a pesar de haber constituido la principal preocupación al inicio de la modalidad no presencial, tanto para docentes como para estudiantes. Sin embargo, resulta necesario reforzar la comunicación de los criterios de evaluación y calificación, a fin de garantizar que se realicen de forma clara y oportuna. En este caso, no resultan sorprendentes los resultados, entendiendo que, de acuerdo a la fecha de rectificación del calendario académico y luego la imposibilidad de ejecutar lo allí planteado, algunas asignaturas han tenido que reformular sucesivamente dichos criterios. Los resultados obtenidos invitan a reflexionar fuertemente acerca de la necesidad de tomar decisiones oportunas y garantizar su comunicación efectiva a todos los miembros de la comunidad universitaria. En cuanto a los medios utilizados, resulta coincidente lo declarado por los docentes con respecto a las percepciones de los estudiantes. En el relevamiento realizado en abril los estudiantes remarcaron la necesidad de incorporar espacios sincrónicos de intercambio en las asignaturas, demanda que parece haber sido atendida por los docentes, en virtud de la mejora en la percepción respecto de las estrategias de enseñanza.

En resumen, respecto a la comunicación, la organización de las asignaturas y las estrategias de enseñanza implementadas, se observa una mejora significativa hacia julio, respecto al comienzo del cuatrimestre. Los resultados permiten afirmar que ocurrió una adaptación progresiva de ambas

partes docentes y estudiantes, a la modalidad no presencial. Balancear actividades sincrónicas y asincrónicas parece posicionarse como un punto clave en el diseño de las asignaturas, entendiendo que una gran parte de los estudiantes no cuenta con la infraestructura tecnológica para atender a las actividades sincrónicas, sumado al beneficio de atender a los ritmos individuales de aprendizaje. En relación con el desempeño de los estudiantes, se observa en promedio, una calificación superior en el relevamiento de julio respecto de abril. La adaptación a la modalidad virtual y las condiciones impuestas por la Pandemia y el Aislamiento, son los factores que se destacan como los principales condicionantes de la organización y el desempeño estudiantil, para bien o para mal, de acuerdo a las condiciones individuales.

En conclusión, es destacable el esfuerzo de la comunidad universitaria toda, para adecuarse a los medios, posibilidades y limitaciones que la coyuntura actual ha impuesto, súbita y repentinamente. A partir de los resultados obtenidos, se vislumbra que esta experiencia, puede resultar la puerta de acceso a oportunidades de desarrollo de una oferta virtual a futuro para el dictado parcial o total de algunas asignaturas de la carrera, en tanto se ha evidenciado una adaptación progresiva de docentes y estudiantes, a la nueva modalidad.

Aprender a la distancia supone un esfuerzo adicional para los estudiantes. Enseñar a la distancia exige mayor planificación y creatividad por parte de los docentes. Enseñar y aprender a la distancia no es fácil, pero en principio, de cara al futuro, resulta posible.

5. REFERENCIAS.

- [1] World Health Organization (WHO, 2020). WHO director-general's opening remarks at the media briefing on COVID-19. Who.int. Available at: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>
- [2] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. Boletinoficial.gob.ar. Argentina. DNU N° 297/20. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227042/20200320>
- [3] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. Boletinoficial.gob.ar. Argentina. DNU N° 260/20. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/suplementos/2020031201NS.pdf>
- [4] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. Boletinoficial.gob.ar. Argentina. Resolución ME N° 104/2020. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/226749/20200316?busqueda=1>
- [5] Universidad Nacional de Luján. Digesto electrónico. (2020). Resolución HCS N° 487/19. Aprobación del Calendario Académico 2020. Recuperado de: <https://resoluciones.unlu.edu.ar/documento.frame.php?cod=102493>
- [6] Universidad Nacional de Luján. Digesto electrónico. (2020). Resolución REC N° 30/2020. Recuperado de: <https://resoluciones.unlu.edu.ar/documento.frame.php?cod=105693>
- [7] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. boletinoficial.gob.ar. Argentina. DNU 605/20. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/232234/20200718>
- [8] Boletín Oficial de la República Argentina. (2020). Legislación y avisos oficiales. Boletinoficial.gob.ar. Argentina. Resolución ME-SPU N° 12/20. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227461/20200405>
- [9] Plan de estudios de Ingeniería Industrial. Unlu.edu.ar. Recuperado de <http://www.unlu.edu.ar/carg-industrial.html>. Fecha de consulta: 28/02/2018
- [10] Universidad Nacional de Luján. Digesto electrónico. (2020). Resolución HCS N° s/n (emitida 16/4/2020, sin protocolización a la fecha). Convalidación de todas las actividades no presenciales 2020.
- [11] Universidad Nacional de Luján. Departamento de Tecnología. *Primera encuesta a docentes durante el aislamiento*. Abril de 2020. Recuperado de: <http://www.tecnologia.unlu.edu.ar/sites/www.tecnologia.unlu.edu.ar/files/site/20.04.%20EN%20CUESTA%20a%20docentes%20ASP%20Y%20DIFUSI%20C3%93N.pdf>
- [12] Universidad Nacional de Luján. Digesto electrónico. (2020). Resolución REC (ad. ref. HCS) N° 40/2020. Recuperado de: <https://resoluciones.unlu.edu.ar/documento.frame.php?cod=105725>.
- [13] Ministerio de Salud. Información Epidemiológica. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/salud/coronavirus-COVID-19/sala-situacion>

- [14] Asociación Española para el avance de la ciencia. *Covid-19 genera miedo e incertidumbre. El peligro de los escépticos y los sarcásticos ante la pandemia*. Recuperado de: <https://aeac.science/covid19-miedo-e-incertidumbre/>
- [15] IFEEES (International Federation of Engineering Education Societies) Webinar Library. MARTIN, María Mercedes. 28/4/2020. *Enseñanza y Virtualización: ¿Una Oportunidad en Tiempos de Pandemia?* Recuperado de: http://www.ifees.net/ensenanza-y-virtualizacion-una-oportunidad-en-tiempos-de-pandemia/?fbclid=IwAR3EV_1_F-nKTI9pNPDx8L47fr8oC_0_RI0RMniSma7VZPsNXCc-iaLDafI%20Mar%C3%ADa%20Mercedes%20Martin
- [16] Universidad de Buenos Aires. Observatorio de Psicología Social Aplicada. (2020) Informes 2020. Recuperado de: <http://www.psi.uba.ar/opsa/#informes>.
- [17] GEI, A. K. (2020) *Primer taller para docentes del Departamento de Tecnología: Recursos didácticos en la virtualidad*. 18/4/2020. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=JwNgwHwZ2dl&t=2s>
- [18] IFEEES (International Federation of Engineering Education Societies) Webinar Library. RAYON, Alex. *Metodología de Presencialidad Remota: Adaptando la Formación al Nuevo Entorno Online*. 6/5/2020. Recuperado de: http://www.ifees.net/metodologia-de-presencialidad-remota-adaptando-la-formacion-al-nuevo-entorno-online/?fbclid=IwAR1Q8voxf5of45_CKMvYS0-GN3G11uQLIPpMaUPFOPtyxVO04_IdTNYByjw
- [19] CONFEDI. (2018). *Propuesta de Estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina: Libro Rojo de CONFEDI*. 1ra edición. Universidad FASTA Ediciones.

Limitaciones

La presente investigación tiene una serie de limitaciones que cabe mencionar:

- Los estudiantes que no tienen servicio de Internet ni datos móviles, dadas las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo los relevamientos (distribución de formulario por correo electrónico) no pueden ser alcanzados por el presente relevamiento. Se supone que los mismos, en virtud de las circunstancias, no han podido continuar los estudios virtuales.
- No se cuenta con datos oficiales de deserción y desgranamiento oficiales, que puedan permitir contrastar con la merma en las respuestas desde abril a julio, o bien, con la percepción del desempeño de los estudiantes.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer:

- o A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, quiénes han realizado sus críticas y aportes constructivos a los fines de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto tan particular que toca afrontar.
- o A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Luján, que han realizado un denodado esfuerzo para adecuar las metodologías de enseñanza, con rapidez y determinación, a fin de sostener la cursada en forma remota durante el primer cuatrimestre de 2020.

Evaluación formativa y constructiva de estudiantes en tiempos de Coronavirus

Vaquer, Alejandro

ESIICA Escuela Superior de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad de Morón. Cabildo 134, (1708) Morón, Prov. Bs. As
avaquer@unimoron.edu.ar

RESUMEN.

Este trabajo muestra cómo preservar e incrementar el carácter formativo y constructivo de la evaluación de trabajos de los estudiantes en tiempos de Cuarentena por Pandemia de Coronavirus, donde se limitan al máximo los contactos entre personas y donde los actos académicos se desarrollan exclusivamente en aulas virtuales. Para asegurar la calidad de la evaluación incentivamos en los estudiantes la capacidad de razonar creativamente. En COINI 2019 presentamos el proyecto de investigación Hacia un Enfoque Curricular Promotor de la Creatividad y la Innovación en los Estudiantes de Ingeniería Industrial en el Ámbito de Industria 4.0 [1] donde decíamos que “la Industria 4.0 o 4ta. Revolución Industrial es el dominio de los procesos industriales por medios cibernéticos. Esta cibercultura requiere ingenieros competentes técnicamente, creativos, innovadores y capaces de comunicarse de manera compleja”. La competencia técnica se incorpora con los contenidos académicos; creatividad, innovación y comunicación compleja se desarrollan con metodologías apropiadas en la evaluación de esos contenidos. Dice Cultura Innovadora [8] en Evaluación, Reconocimiento y Recompensa: “Todos sabemos que lo que no se mide ni evalúa no se mejora, y que lo que no se reconoce ni recompensa nunca se convierte en un hábito”. Conceptos que se desarrollan en esta presentación; es una continuación de los contenidos pedagógicos y didácticos de la investigación comentada precedentemente.

Palabras Claves: Evaluación. Cuarentena por Coronavirus. Industria 4.0. Mejoramiento continuo.

ABSTRACT.

This job shows how to preserve and increment formative and constructive characteristics of the students' evaluation during Coronavirus quarantine where contacts among people are limited and academic acts are developed only in virtual classrooms. To assure quality evaluation we incentive in students the capability to reason creatively. In COINI 2019 we presented the researching project Towards a Curricular Focus Promoting Creativity and Innovation in Students of Industrial Engineering in Industry 4.0 Context [1] where we said that “Industry 4.0 or 4th Industrial Revolution is the domain of industrial processes by cybernetics means. This cyberculture requires engineers skilled technically, creative, innovators and capable of complex communication. We achieve technical competence through academic contents; creativity, innovation and complex communication by appropriate methodologies applied in the evaluation of those contents. In Innovative Culture [8] we find into the chapter Evaluation, Acknowledgement and Reward: “We all know that we cannot improve what we do not measure or evaluate, and what is not acknowledged or rewarded never becomes a habit.” Concept developed in this presentation; it is a continuation of the pedagogics and didactic developments belonging to the researching project commented upwards.

Key Words: Evaluation. Coronavirus Pandemic. Industry 4.0. Continuous improvement.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y Estado actual del tema [1]

En términos del tema presentado, rescatamos los siguientes planteos:

-el modelo ecológico/sistémico de enseñanza en la vida del aula de Gimeno Sacristán y Pérez Gómez. [4]

-la “teoría de aprendizaje por recepción significativa” de David Ausubel. [5]

-la corriente de la “Ingeniería Didáctica” de la escuela francesa.

-el papel de la creatividad.

-el papel formativo de la evaluación.

Estos últimos tres aportes trabajados integralmente por Olga Carabús. [6]

La evaluación formativa se corresponde con el siguiente modelo:

Con respecto al modelo ecológico/sistémico de enseñanza, la vida en el aula es concebida en términos de intercambios socioculturales y asume los principales supuestos del modelo mediacional, que reconoce que existen procesos internos en el sujeto y que éstos son relativamente cognoscibles. En el modelo ecológico se observa la preocupación por integrar los supuestos del mediacional en un análisis complejo de mecanismos, factores y sistemas socioculturales que le dan singularidad al aula. La institución educativa y el contexto establecen relaciones de continuos intercambios, equilibrios y reequilibrios con el medio. Los individuos no aparecen aislados sino como miembros de una institución con intencionalidad, organización y clima de intercambio. Se detectan procesos cognitivos, de relaciones con el medio ambiente, comportamiento individual y grupal y en un espacio físico y psicosocial. Se destacan las variables: situacionales, experienciales y comunicacionales. Las variables situacionales están constituidas por el contexto complejo y cambiante donde viven los estudiantes y los docentes y que definen el clima físico y psicosocial del aula. Las variables experienciales se refieren a los significados y modos de actuación que traen ambos; la trama de conceptos, teorías, afectos y hábitos que cada sujeto acumuló en su experiencia histórica y que actúan en la vida del aula. Entre las variables comunicacionales encontramos las relaciones que se establecen en el aula a niveles: intra e interpersonales, grupales e intergrupales.

Desde este modelo la vida en el aula se organiza en dos subsistemas: el de las tareas académicas y el de la participación social; ambos atravesados por el carácter intencional y evaluador. La interacción entre estudiantes y profesores se da en un clima de intercambios formalizado por las actuaciones de los estudiantes y las calificaciones del profesor. La evaluación es concebida no sólo como un proceso final o producto del proceso de enseñanza, sino fundamentalmente como formativo y constitutivo de la vida en el aula, enraizado en la dinámica enseñanza y aprendizaje y donde el error es constructivo. El riesgo y la ambigüedad son las características de las tareas en este modelo: riesgo de pensar como la capacidad de encontrar más de una respuesta y arriesgarse a dar respuestas ante un problema y, ambigüedad en que puede haber más de una respuesta ante una situación y que en todo caso se discute grupalmente la mejor.

De la “teoría del aprendizaje por recepción significativa” rescatamos la importancia de la construcción de una trama de significados en el sistema cognitivo del sujeto/estudiante, en el que los conocimientos previos son resignificados, transformados o modificados por nuevos conocimientos. Esta transformación implica el establecimiento de interacciones entre los conocimientos previos y los nuevos a través de contenidos nexos (“organizadores avanzados”) que el docente debe saber seleccionar. La posibilidad de otorgar significados a los contenidos integrándolos en una estructura cognitiva, favorece la comprensión y la resistencia al olvido.

En cuanto a la “Ingeniería Didáctica”, es un corriente de investigación en la enseñanza de la matemática sobre las condiciones de aprendizaje de los estudiantes para optimizar dicho aprendizaje. Esta corriente valora los aportes neurocientíficos, entre otros el rescatar la intuición como actividad del hemisferio derecho y que cumple un importante papel en el conocimiento.

En esta corriente se encuentra la “teoría de las situaciones didácticas” de Brousseau [7]; se basa fundamentalmente en la didáctica instrumento-objeto, donde el objeto es el saber del mundo científico y el instrumento es la metodología que construye el mundo educativo para enseñar. La resolución de problemas es la estrategia propuesta para la enseñanza de la matemática. El acceso a estos problemas es a través de marcos para trabajar el “sistema cognitivo complejo” conformado entre los estudiantes, los profesores y el contexto. Los instrumentos pertenecientes a diversos marcos pueden ser: físicos, geométricos, numéricos, gráficos y lingüísticos. Este camino permite el acceso al mundo académico.

Otro aspecto destacable en esta teoría son las representaciones metacognitivas, es decir, la reflexión del sujeto sobre su propio aprendizaje. Brousseau presenta una estrategia en la resolución de problemas que pasa por los siguientes niveles: el intuitivo (qué es capaz el estudiante de percibir), el declarativo (qué es capaz de explicar), el argumentativo (cómo sostiene lo explicado ante los

demás) y el institucionalizado (acuerdo para que el proceso alcance un estatus normativo). Como complemento a esta "Ingeniería Didáctica", Carabús propone al nivel universitario el valor de la evaluación como proceso constante en la enseñanza y la formación de "capacidades" del estudiante, como saberes complejos que conforman un entramado entre conocimientos conceptuales, actitudes y habilidades. Sintetizamos sus propuestas sobre un "plan integral" para la universidad donde: los objetivos sean analizados entre estudiantes y docentes, los contenidos sean acordes a los objetivos, los métodos están basados en la resolución de problemas por descubrimiento y con soluciones creativas; donde los instrumentos de evaluación se basan en la diversificación, en la autoevaluación, en portafolios, en sistemas de créditos por procesos usados por los estudiantes, y no sólo por resultados; un ambiente áulico creativo y comunicativo, donde el docente sea un modelo de creatividad y una institución que tenga como propósito la formación de estudiantes creativos.

1.2. Plataforma Blackboard

La Universidad de Morón implementó el uso de esta plataforma educativa antes de que se desatara la Pandemia. Dentro de la línea de ofrecer servicio de excelencia, a comienzos de 2020 comenzó la aplicación de la herramienta en los primeros años de estudio; cuando se declaró la emergencia sanitaria, la Universidad extendió la Plataforma a todos los años, desarrollando a tal fin una capacitación intensiva con amplio apoyo técnico. Dada la actual emergencia sanitaria que llevó a los docentes a desarrollar las clases sobre la Plataforma Blackboard, dentro de los desafíos por el cambio de metodología surgió la evaluación para determinar si los alumnos alcanzaron los niveles apropiados de conocimientos.

Esta plataforma permite contactarse entre los grupos de estudiantes dados de alta en la Plataforma, con los docentes y entre estudiantes, con voz, imagen, "pizarrones", presentaciones de Power Point u otro; además de intercambiar contenidos y mensajes asincrónicos y chat sincrónicos.

Las clases se desarrollan en aulas virtuales. Los estudiantes bajan de la Plataforma Blackboard los trabajos prácticos y el material digital correspondiente a las clases, se discuten en aula virtual y posteriormente consultan con la cátedra vía e-mail o por los foros y mensajes de la Plataforma.

1.3. La evaluación [1]

Si de evaluar se trata, y pensando en que la evaluación es un acto formativo donde se busca verificar el grado de aprendizaje de los estudiantes incrementando su capacidad de razonar, la creatividad e innovación, la comunicación compleja y el trabajo en equipos, surge esta presentación donde se propone el diseño de evaluaciones que enseñen a pensar a los alumnos y que razonando entre ellos lleguen a los resultados de modo que encuentren respuestas que no están en los libros y apuntes del curso, con solución correcta única o con varias respuestas posibles. La calificación de la evaluación así concebida no es un fin en sí mismo, sino que es una consecuencia.

Esta exposición es una extensión de los conceptos trabajados en el Proyecto de Investigación expuesto en COINI 2019 bajo el título "Hacia un Enfoque Curricular Promotor de la Creatividad y la Innovación en los Estudiantes de Ingeniería Industrial en el Ámbito de Industria 4.0", desarrollado en los años 2017/2018. Al respecto, la actual presentación se constituirá en un nuevo capítulo del texto final correspondiente al proyecto mencionado.

Por aplicación de estos conceptos, y bajo las limitaciones que impone la Cuarentena, los desempeños de los estudiantes en la materia Organización Industrial A que fue escenario de este proyecto, este año 2020 tuvieron 100% de aprobados en Trabajos Prácticos, desarrollándose contenidos de calidad con participación activa. Las mejoras obtenidas se comparan contra la vara alta que dejó el proyecto de investigación expuesto en COINI 2019, aunque en ese año, con clases presenciales donde se aprovechó la Plataforma Moodle antecesora de Blackboard con menos prestaciones. El mismo indicador para 2019 fue 92,3 % de aprobados.

Por lo tanto, si unimos los resultados positivos desde 2019 hacia atrás, agregando el resultado por la evaluación en estos tiempos de Pandemia, los vemos en la Tabla 1:

Tabla 1 Aprobación de Trabajos Prácticos de los alumnos que completaron el curso

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Aprobado	54,5 %	67,9 %	73,3 %	87,5 %	92,3 %	100 %

Mostramos valores planteados desde 2015, año de comparación, dado que las mejoras en la educación se producen como consecuencia del proceso de mejoramiento continuo que arrancó en 2016, donde las experiencias relatadas en este trabajo son un escalón más dentro del modelo ecológico de enseñanza.

Este docente está a cargo de la materia desde el ciclo lectivo del año 2014; hasta ese año el indicador de aprobación de trabajo prácticos rondaba el 40%, considerado “normal” entre los colegas.

La evaluación es sólo un instrumento, un recurso, que tiene relación con la enseñanza y el aprendizaje, en tanto que lo sustantivo son la enseñanza y el aprendizaje, esto es, qué se enseña y qué aprenden los estudiantes. Nos interesa la evaluación en cuanto nos permite lograr resultados en nuestra enseñanza ayudando a que los estudiantes aprendan mejor. La evaluación tiene una función de enseñanza y otra de motivación. La resolución de los ejercicios propuestos debe estar acompañada de la retroalimentación de modo que los éxitos sean ponderados y los errores comentados para que sirvan de nueva materia de estudio. Es decir, el objetivo es aprender. La evaluación es una actividad ecológica del aula. [2]

El universo de aplicación de estos conceptos lo constituye los estudiantes de la asignatura Organización Industrial A de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón, cursado durante el presente año durante el 1er cuatrimestre; esta materia está ubicada en 3er año siendo la primera asignatura profesional por lo que los Ingenieros Industriales pueden ser contratados por los temas que se desarrollan aquí. Fueron 18 estudiantes que participaron en aulas virtuales a través de la Plataforma Blackboard los lunes en horario 18-22 hrs, a cargo de este docente y un ayudante de cátedra. Durante el desarrollo de las clases se trataban en tiempo real los temas según programa y los trabajos prácticos asociados a cada uno; algunos de ellos eran de resolución personal (por ejemplo aplicación de metodología 5S en un ámbito a elección, 5S toma su denominación de las palabras en japonés: Clasificación **Seiri** – Orden **Seiton** – Limpieza **Seiso** – Estandarización **Seiketsu** – Disciplina **Shitsuke**); la mayoría de los trabajos prácticos eran de resolución en grupo, incentivándose el trabajo en equipos, por ejemplo la resolución de casos, el tipo de problema que se adjunta como ejemplo puede integrar un problema mayor dentro de un caso; para lo cual, los estudiantes acordaban entre ellos conectándose vías redes como WhatsApp u otra. Como el caso propone situaciones “reales”, obliga a los estudiantes a que se documenten y debatan en base a distintas fuentes sobre términos y escenarios propuestos en el enunciado; trabajándose así la comunicación compleja. Es intercambio digital cátedra-estudiantes y estudiantes-estudiantes, dándose el aprendizaje colaborativo.

El sistema de evaluaciones es exigente. Los exámenes parciales son dos durante el cuatrimestre. Para su resolución, la cátedra organiza grupos de estudiantes en la Plataforma.

El examen parcial se compone de dos pasos, el primero es la resolución en grupo de un caso referido a situaciones industriales que contemplen los distintos temas vistos hasta la fecha: localización, diagramas de proceso, productividad, tiempos y balanceo de líneas, lay-out, Recursos Humanos, organigramas, almacenes de materias primas y repuestos, logística. Tienen una semana para resolverlo y subirlo a la Plataforma Blackboard. Durante la clase donde suben el caso, se toma un interrogatorio individual, con preguntas referidas a su realización y problemas como el que se muestra en el ejemplo; a los estudiantes se les da un tiempo acotado para resolverlo y subirlo a la Plataforma. La nota final, que se vuelca a las actas de cursado y que está disponible para los estudiantes, es un promedio de la obtenida en el caso y el interrogatorio individual. Cada recibe su feed-back.

Registros auditables de las evaluaciones quedan en el sistema de administración de la Universidad y en la Plataforma Blackboard.

1.3.1 Objetivo

- Desarrollar evaluaciones de conocimientos que incentiven en los estudiantes la capacidad de razonar, la creatividad e innovación, la comunicación compleja y el trabajo en equipos. Todas estas características requeridas por la Industria a los futuros profesionales.

2. ORGANIZACIÓN Y DINÁMICA DE LA EVALUACIÓN

2.1. Puntos básicos de un nuevo enfoque didáctico [1]:

La resolución de casos como usina creativa.

Seguimiento de reglas de formato en su análisis.

La aceptación de varias soluciones.

Pautas de evaluador hacia los estudiantes como: el seguimiento de hipótesis coherentes; los errores como constructivos, dónde están, discutirlos y cómo superarlos.

La evaluación grupal e individual: la evaluación como un proceso que inicia en el trabajo grupal de los estudiantes en el aula, de análisis y descubrimiento conjunto de soluciones; la prolongación de la evaluación iniciada grupalmente en el cierre de la cursada; el coloquio sobre un caso planteado como parte de la evaluación final; metodología de casos como abordaje a una estructura conceptual

y dinámica al que el estudiante está ya familiarizado por el proceso propio de la cursada; la evaluación final como una consecuencia necesaria de la cursada y no como un hecho descontextualizado y azaroso; en lo individual: valoración del razonamiento y el sentido común; la desaprobación ante errores de falta de conocimientos básicos de física o matemática. Trabajo en equipo.

2.2 Ejemplos

2.2.1 Ejercicio para resolver individualmente que presenta varias soluciones posibles

2.2.1.1 Enunciado

Una fábrica de ejes para uso automotriz se compone de dos líneas con las siguientes operaciones, fue organizada rápidamente con poco análisis, había que demostrar a los clientes capacidad de fabricación:

Tabla 2 *Detalle de la línea 1*

Operación: preparación de eje de acero	Tiempo estándar (min)	Observaciones	
Transporte de barra en bruto desde estiba	1	Auto elevador A de 2 ton	1 operario
Inspección de entrada	1	Visual sobre mesa	1 operario
Montaje en torno Turri	0,5	Grúa de bandera manual	1 operario
Pelado de superficie	1,5	Torno Turri	
Desmontaje de torno y ubicación en mesa de inspección	0,5	Grúa de bandera manual	
Inspección de salida	3	Visual sobre mesa	1 operario

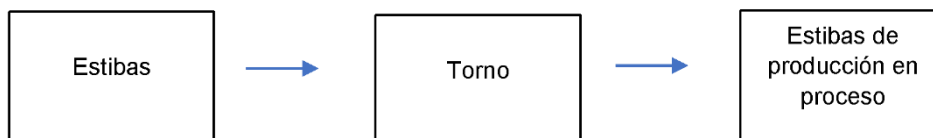


Figura 1 *Esquema de la línea 1*

Tabla 3 *Detalle de la línea 2*

Operación: fabricación de eje de acero	Tiempo estándar (min)	Observaciones	
Transporte de barra preparada desde estiba	1	Auto elevador B de 2 ton	1 operario
Montaje en centro de mecanizado	0,5	Grúa de bandera manual	1 operario
Mecanizado del eje	1,12	Centro de mecanizado Homag	
Desmontaje de centro de mecanizado y ubicación en mesa de inspección	0,5	Grúa de bandera manual	
Inspección final	1	Calibre sobre mesa de inspección	1 operario
Transporte de eje hasta área de embalaje – Depósito en mesa de trabajo.	1	Auto elevador B de 2 ton	1 operario
Acondicionado con aceite protectorio – embalado en papel de parafina – etiquetado	2,7		2 operarios
Transporte de eje embalado y etiquetado a estiba de productos terminados.	1,5	Grúa de bandera manual Auto elevador B de 2 ton	1 operario

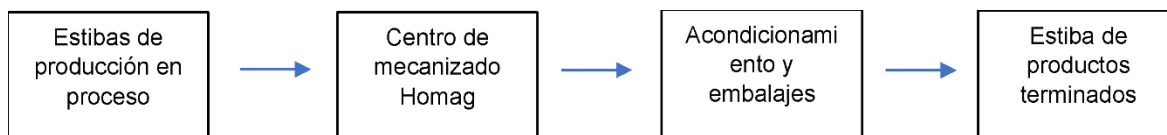


Figura 2 Esquema de la línea 2

Se trabaja de lunes a sábado de 7 a 16, con una hora para comer a las 12.

Se debe satisfacer un pedido de 1500 ejes semanales.

¿La configuración actual lo permite? Fundamentar.

Si la respuesta es negativa, ¿qué cambios propone? Fundamentar.

2.2.1.2 Resolución

2.2.1.2.1 Análisis previo

Se puede comenzar por dibujar los diagramas de flujo de operaciones para visualizar esquemáticamente a los trabajos de cada línea y sus tiempos.

Del análisis de los tiempos y de los “cuello de botella” se determina que tal como están planteadas las líneas no es posible satisfacer a la producción pedida.

2.2.1.2.2 Solución, hay varias alternativas

2.2.1.2.2.1 En Línea 1

2.2.1.2.2.1.1 Alternativa 1

2 inspectores a la salida del torno Turri, lleva su tiempo a 1,5 min.

2 operarios en amolado e inspección final, su tiempo va a 1,5 min.

Torno Turri trabaje en extras 2,5 horas por día.

2.2.1.2.2.1.2 Alternativa 2

Dejar a la Línea como está y hacerla trabajar en extras 12,5 hr/día.

2.2.1.2.2.1.3 Alternativa 3

2 inspectores a la salida del torno Turri, lleva su tiempo a 1,5 min.

2 operarios en amolado e inspección final, su tiempo va a 1,5 min.

Instalar otro Torno Turri duplicando montaje – pelado – desmontaje. Se suma un torno, un operario e instalaciones.

2.2.1.2.2.2 En Línea 2

2.2.1.2.2.2.1 Alternativa 1

Incorporar un operario a acondicionado y embalaje. Va a tiempo 1,8 min.

Trabajar en extras 1 hr más por día el Centro de Mecanizado.

2.2.1.2.2.2.2 Alternativa 2

Dejar la Línea como está y trabajar en extras 11,25 hr por día.

2.2.1.2.3 Nuevas configuraciones

Pueden plantearse nuevas configuraciones diferentes a las que están analizadas. Nótese que se deja libertad a los estudiantes para que elijan la configuración que crean más conveniente cumpliendo la producción estándar requerida. Trabajan la innovación y la creatividad. Es indiferente que este ejercicio se resuelva presencialmente o teleinformáticamente. Al representar una situación similar a la vida real concatenando los conocimientos se abona el concepto de significación de Ausubel [5].

2.2.2 Casos

Un “caso” es una situación de negocio similar a una real que orienta a la solución de diversas problemáticas por aplicación de la propia creatividad y conocimientos adquiridos en la cátedra, además de propuestas que hacen los docentes a cargo. No tienen una única solución correcta. Los casos se resuelven en grupo aprovechándose así la sinergia entre los integrantes. Las conclusiones y la metodología de trabajo están alineadas con la vida real en una planta fabril, donde la capacidad

técnica, la creatividad e innovación, el manejo de información compleja y el trabajo en equipo son características ampliamente requeridas.

3. RESULTADOS

La aplicación de los conceptos enunciados precedentemente ha permitido desarrollar clases y evaluaciones de manera tal que los estudiantes respondieron activamente a las propuestas.

Todos los alumnos de Organización Industrial A del curso 2020 que asistieron regularmente aprobaron los Trabajos Prácticos; se desarrollaron contenidos de calidad con criterios exigentes.

Con respecto a 2019, cuando aún no estaban en las previsiones de nadie la pandemia que iba a venir en 2020, en este año, a pesar de las condiciones negativas propias de la Cuarentena, la mejora incremental fue de 8,3 %; aunque mayor exactitud da comparar contra los inicios del proceso de mejoramiento continuo en la cátedra, que arranca en 2015, año en que este docente completa y aprueba la Diplomatura en Educación de la Universidad de Morón.

Comparando al año 2015, cuando aún las clases y los exámenes se desarrollaban siguiendo modelos de enseñanza conductistas insumo-producto, donde la aprobación fue de 54,5 %; en 2020, con la aplicación generalizada de la presente metodología de evaluación y aplicando el modelo ecológico de enseñanza, llegamos a una mejora incremental de 83,5% que nos lleva al 100 % que siempre se debería dar en nuestras Universidades como objetivo de máxima, aunque las situaciones de borde no ayuden. Si agregamos un cálculo sobre el 40 %, el incremento es del 150 %. Suma de efectos positivos donde se manifiesta la superioridad del modelo ecológico de enseñanza sobre el conductivo.

4. CONCLUSIONES

Esta forma de evaluar abonó en los estudiantes la creatividad e innovación, así como la comunicación compleja y el trabajo en equipos. No es casual el nivel de aprobación en temas que se presentan dinámicamente apuntando a su involucramiento activo presentando situaciones que los acercan a la realidad fabril que tanto añoran protagonizar.

Usar una plataforma educativa, en este caso Blackboard, agrega claras ventajas respecto del modo presencial. Es la digitalización entrando en el aula. Permite a docentes y alumnos moverse sincrónicamente en clases programadas y asincrónicamente si el estudiante no puede estar presente; de modo que los materiales de preparación para realizar trabajos prácticos y rendir exámenes están siempre disponibles.

Esta modalidad de educación, emparentada con la Educación a Distancia, requiere de los docentes que manejen con soltura la plataforma y que complementen con otras herramientas informáticas, como las que se encuentran bajo el título TICs. En la medida en que se tengan herramientas informáticas serán más ágiles las clases pudiendo buscar alternativas a la manera de realizar las evaluaciones.

La metodología de evaluación propuesta se puede aplicar tanto en estrategias de Educación a Distancia como en clases presenciales.

En otras asignaturas o carreras se podrán imaginar aplicaciones de los conceptos que se desarrollan en esta presentación adaptados a los temas que sean relevantes para la disciplina.

Es necesario un profundo conocimiento de la materia; es ideal que el docente a cargo haya tenido experiencia en su vida profesional en los temas que conforman los contenidos de la asignatura, de modo tal de manejar con soltura los escenarios y las situaciones que confluyan a una evaluación.

El docente debe salir del centro de la escena para constituirse en facilitador del trabajo de los estudiantes. Implica la promoción y el mantenimiento de diálogo fluido con los estudiantes, entre éstos y con el entorno profesional y de mercado que les abra el panorama para la resolución de los problemas y los casos. La buena comunicación es imprescindible.

5. REFERENCIAS

- [1] Vaquer, Alejandro; Traverso, María Delia; Vitaller, Laura; Di Maio, Sofía; Ingrao, Pablo. (2019). Memorias del XII° Congreso Internacional de Ingeniería Industrial COINI 2019 Hacia un Enfoque Curricular Promotor de la Creatividad y la Innovación en los Estudiantes de Ingeniería Industrial en el Ámbito de Industria 4.0. COINI 2019, Río Gallegos.
- [2] Litwin, Edith; Camilloni, Alicia. (1995). *Qué, cuándo y para qué enseñar*. Educación General Básica, Los contenidos en la enseñanza, Ed. Novedades Educativas, Buenos Aires.
- [3] Perez Lindo, Augusto. (2004). *Creatividad, actitudes y educación*. Ed. Biblos. Buenos Aires.
- [4] Pérez Gómez, Ángel; Sacristán Gimeno. (1997). *Comprender y transformar la enseñanza*. Pérez Gómez, Ángel. Enseñanza para la comprensión. Cap. 4. Ed. Morata. Madrid.

- [5] Pérez Gómez, Ángel; Sacristán Gimeno. (1997). *Comprender y transformar la enseñanza*. Pérez Gómez, Ángel El aprendizaje significativo de Ausubel. Cap. 2. Ed. Morata. Madrid.
- [6] Carabús, Olga. (2004). *Creatividad: actitudes y educación*. Creatividad y enseñanza de la matemática. Cap. II. Ed. Biblos. Buenos Aires.
- [7] Brousseau, Guy. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de situaciones didácticas*. Ed. Zorzal. Buenos Aires.
- [8] Rocés, José Luis. (2017). *Cultura Innovadora ¿Cómo competir en la era digital? Parte 2 Cap. 7 Desarrollo de una cultura innovadora: cómo cambiar de ser necesario*. Ed. TEMAS Grupo editor SRL. Buenos Aires.

Repensando las prácticas en la educación superior

Migueles, Marina ⁽¹⁾; Ambrústolo, Mariela ⁽¹⁾; María Betina Berardi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Juan B. Justo 4302. Mar del Plata. Provincia de Buenos Aires

mmigueles@fi.mdp.edu.ar, ambrus@fi.mdp.edu.ar; bberardi@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto describir la experiencia, herramientas de adaptación y resultados obtenidos en la virtualización de la asignatura Gestión de la Calidad de la carrera Ingeniería Industrial de la UNMDP. Compartir buenas prácticas y oportunidades de mejora para la continuidad pedagógica repensando la forma en que se transmite y construye el conocimiento en el contexto de distanciamiento social.

La situación generó un cambio en el paradigma de la educación superior que requirió un rápido y repentino proceso de planificación y resignificación y, trabajo en equipo entre docentes, auxiliares y estudiantes para generar ámbitos de aprendizaje significativo.

Se desarrollaron estrategias que posibilitan diversos accesos al aprendizaje, espacios sincrónicos y asincrónicos, trabajo individual, en equipos e intercambios en clase.

Dentro de las principales dificultades se mencionan el escaso tiempo de planificación, replanificación en función de limitaciones tecnológicas y restricciones del contacto profesor-estudiante mediado por la virtualidad, entre otras.

En las ventajas se destacan el compromiso de docentes y estudiantes durante la cursada, la implementación de procesos de cambio, desarrollo de competencias, mejora del aprendizaje autónomo y en equipo, así como la gestión del riesgo.

En resumen, esta situación generó el descubrimiento de estrategias que permitirían apoyar, en un futuro, el rol docente para el enriquecimiento de las prácticas docentes.

Palabras Claves: Educación superior, procesos de enseñanza-aprendizaje, reflexión en la acción, enseñanza remota de emergencia

ABSTRACT

The present work aims to describe the experience, adaptation tools and results obtained in the virtualization of the Quality Management subject of the Industrial Engineering degree at UNMDP. Share good practices and opportunities for improvement for pedagogical continuity, rethinking the way in which knowledge is transmitted and built in the context of social distancing.

The situation generated a change in the paradigm of higher education that required a rapid and sudden process of planning and resignification and teamwork between teachers, assistants and students to generate meaningful learning environments.

Strategies were developed that allow various access to learning, synchronous and asynchronous spaces, individual work, in teams and exchanges in class.

Among the main difficulties mentioned are the short planning time, re-planning based on technological limitations and restrictions on teacher-student contact mediated by virtuality, among others.

The advantages include the commitment of teachers and students during the course, the implementation of change processes, development of skills, improvement of autonomous and team learning, as well as risk management.

In summary, this situation generated the discovery of strategies that would allow to support, in the future, the teaching role for the enrichment of teaching practices.

Keywords: Higher education, teaching-learning processes, reflection in action, emergency remote teaching

1. INTRODUCCIÓN

La pandemia generada por el Covid 19, las restricciones de distanciamiento social y las medidas de seguridad necesarias para transitar esta situación han impactado directamente en la educación en todos los niveles. Es en este contexto que se colocó como protagonista a los entornos virtuales como el medio para generar la continuidad pedagógica.

La educación universitaria no fue ajena a este impacto y en este marco, el equipo técnico del Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior IESALC, encargó a las instituciones de educación superior [1]:

“...anticiparse a una suspensión de larga duración, centrando los esfuerzos en asegurar la continuidad formativa y garantizar la equidad, generar mecanismos de gobierno, monitoreo y apoyo eficientes; diseñar medidas pedagógicas para evaluar formativamente y generar mecanismos de apoyo al aprendizaje de los estudiantes en desventaja; documentar los cambios pedagógicos introducidos y sus impactos; aprender de los errores y escalar la digitalización, la hibridación y el aprendizaje ubicuo; así como promover la reflexión interna sobre la renovación del modelo de enseñanza y aprendizaje.”

En Argentina, el Ministerio de Educación de la Nación, recomendó a las universidades adoptar las medidas necesarias para garantizar el desarrollo del calendario académico, Art. 1º, (Resolución Ministerial, 104/2020 [2] en el marco del AISLAMIENTO SOCIAL, PREVENTIVO y OBLIGATORIO (ASPyO). En esa línea la Universidad de Mar del Plata dictó las Resoluciones de Rectorado N°s 3106/2020 [3] y 3151/2020 [4]: “por las cuales se suspendieron las clases presenciales en el ámbito de la Universidad tomando medidas necesarias para garantizar el desarrollo del calendario académico, los contenidos mínimos de las asignaturas y su calidad”. Así mismo la Facultad de Ingeniería mediante la Resolución del Decanato, 691/2020 [5], aprobó las normas para el funcionamiento de actividades académicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) en el marco del ASPyO, y la cual se encuentra ofreciendo desde el primer momento educación a distancia, normando los aspectos referidos a la mayoría de las actividades de grado y posgrado: totalizadores, evaluaciones parciales, clases presenciales, laboratorios, calendario académico y la continuidad de los estudiantes que no tengan recursos para el cursado virtual.

El presente trabajo tiene por objeto describir la experiencia, herramientas de adaptación y resultados obtenidos en la virtualización de la asignatura Gestión de la Calidad de la carrera Ingeniería Industrial de la UNMDP en el marco de esta situación. Asimismo, compartir buenas prácticas y oportunidades de mejora para la continuidad pedagógica repensando la forma en que se transmite y construye el conocimiento en el contexto de distanciamiento social.

Los procesos de enseñanza utilizados en la modalidad presencial debieron sufrir un rápido y repentino proceso de planificación y resignificación en función del contexto actual para pasar a una modalidad mediada por la virtualidad.

La enseñanza remota de emergencia (*Emergency Remote Teaching* ERT, en sus siglas en inglés) que debió implantarse se trata de un cambio temporal y abrupto de la pedagogía debido a circunstancias de crisis [6]. Este camino hacia un modelo de instrucción en línea facilita la flexibilidad de enseñar y aprender en cualquier lugar y momento, pero la asombrosa velocidad con la que se generó este cambio a la enseñanza en línea no tiene precedentes [6]. Todo el sistema educativo ha sufrido diferentes tensiones: profesores que debieron rápidamente adaptarse y generar un aprendizaje autónomo de diferentes herramientas en pro de la continuidad pedagógica, estudiantes presenciales que tuvieron que cambiar sus formatos de estudio y ahondar en la autonomía, personal de soporte que en las universidades se vieron desbordados de consultas y desafíos. El cambio a ERT requiere que el profesorado tome más control del diseño del curso, el desarrollo y el proceso de implementación. Con la expectativa de un rápido desarrollo de los eventos de enseñanza y aprendizaje en línea [6],

Branch and Dousay establecen que el aprendizaje en línea es efectivo con un diseño y planificación del programa detallados, en el marco de un modelo sistemático para su desarrollo [7].

Siendo la educación en línea “aquella en la que los docentes y estudiantes participan en un entorno digital a través de TICs, desarrollando conexiones a través de Internet y las tecnologías digitales”.

La formación en línea y a distancia es una modalidad educativa que se presenta como una alternativa a la formación presencial y permite dar respuesta a las necesidades educativas que plantea una sociedad cada vez más diversificada y en constante evolución. [8]. Siendo una modalidad muy difundida en los últimos años, sin embargo, no representa una actividad de relevancia en muchas universidades nacionales del país ya que sólo el 45% posee carreras de esta forma, siendo la educación presencial la tendencia dominante en Argentina. [9]. Hecho que ha generado que la implementación de esta modalidad en el contexto de crisis haya generado muchas perturbaciones.

El éxito de esta forma de educación depende del grado de involucramiento del estudiante y docente; de los materiales didácticos y del modelo pedagógico. “Dicho modelo debe basarse en el aprendizaje activo, colaborativo, autónomo, interactivo, integral, incluyendo actividades significativas y creativas y una evaluación continua de los aprendizajes” [10].

Para que el estudiante aprenda es indispensable que la propuesta pedagógica asuma la diversidad del estudiante y las experiencias particulares que tuvo y tiene acerca de los contenidos y temas que se dan en la clase. Cada estudiante tiene su propio ritmo de aprendizaje, estrategias, experiencias personales, diferentes expectativas, conocimientos previos, etc. Por lo tanto, es casi imposible que con un solo recurso didáctico se pueda alcanzar el aprendizaje. Es decir, es necesario contar con medios didácticos variados en los que puedan entrar en acción intereses y motivaciones propias de cada estudiante. Torres Santomé [11].

En este sentido, en la educación en línea también será un factor de éxito la utilización de múltiples puertas de entradas al conocimiento, favorecidas por las herramientas de gestión del aprendizaje que integran diversos recursos: textos, imágenes, videos, audios, clases sincrónicas, actividades colaborativas, entre otros.

Entre las principales ventajas de la educación en línea es importante resaltar que el estudiante posee una mayor autonomía y controla su propio ritmo y horario de trabajo destacándose también [8]:

- Facilidad de comunicación con el docente y los demás estudiantes.
- Mayores posibilidades de acceso
- Diversidad de recursos multimedia utilizados.
- Variedad de actividades de aprendizaje que pueden realizarse.
- Variedad de formas de aprender.
- Aprendizaje de competencias tecnológicas no relacionadas directamente con el curso.
- Facilidad de estudiar en cualquier sitio a cualquier hora.

Sin embargo, no hay que dejar de mencionar ciertos riesgos importantes de la virtualidad para el estudiante: la dispersión, la sensación de soledad y la de que el esfuerzo es excesivo [10]. Es imprescindible el rol docente en el abordaje y minimización de estos. El enfoque del docente en la virtualidad es más diverso y supone un esfuerzo nada desdeñable, debe ser facilitador, orientador, supervisor, moderador, examinador, motivador, evaluador, e incluso técnico de soporte [8].

El perfil docente debe adaptarse al trasladar a la virtualidad elementos que generan rigidez como lo son las planificaciones, los contenidos y la bibliografía para dar seguimiento a un curso comenzado en la presencialidad. A pesar de estas restricciones, puede ser un ámbito que permita una mayor variedad de herramientas para la generación de itinerarios didácticos, proponer tareas y debates [10]. Sin duda, el docente presencial debe generar un cambio de paradigma que le permita aprovechar todas las potencialidades.

Otro rol que sufre modificaciones importantes es el de los estudiantes, no sólo porque deben planificar en forma diferente su forma de estudiar sino porque pueden estar expuestos a grandes dificultades como: “la conectividad a internet, las cuestiones financieras y las dificultades para mantener un horario regular que, probablemente, puedan asociarse con formas de enseñanza y aprendizaje que ya desde la escuela no fomentan la autorregulación de los aprendizajes” [12].

Es por ello, que es importante determinar algunas condiciones necesarias para el desarrollo del estudio en la virtualidad [8]:

- Buena conexión a internet
- Competencias tecnológicas previas de los estudiantes
- Claridad en las tareas, objetivos de aprendizaje y trayectos
- Alto grado de implicación y motivación

Por último, debe abordarse la relación entre el estudiante y el docente. Según Medina citado en Flores Morán [13] al referirse a los niveles de interacción docente-alumno al interior del salón de clase, menciona que la flexibilidad pedagógica y la interacción condicionan las acciones docentes; al interior del proceso de enseñanza-aprendizaje. Elementos que al estar presentes en la relación docente-alumnos promoverán mejores resultados de aprendizaje.

Desde este planteamiento, la cercanía puede incrementarse, en función del contacto visual, un lenguaje integrador y el entusiasmo con el que los docentes asuman la comunicación con sus alumnos. Covarrubias & Martínez en Flores Morán [13] determinan que las condiciones que estos niveles de interacción para generar un aprendizaje significativo se encuentran en la apertura que muestre el docente, así como la confianza que les brinda y su accesibilidad para absolver consultas; que faciliten la construcción del conocimiento, la motivación y el afecto.

Como puede observarse es un gran desafío en esta condición de ERT donde el docente no es un experto y no ha tenido el tiempo para la planificación, el conocimiento de las herramientas y la estructura sistemática de la enseñanza en línea.

“La exigencia de transformación digital casi inmediata de las IES no sólo requiere la incorporación de tecnologías, sino que precisa además de la creación o modificación de procesos y de la disposición de las personas con las capacidades y habilidades adecuadas para desarrollar dichos procesos y tecnologías. Sin embargo, al no haber más tiempo para preparar estas condiciones, el profesorado se ha visto desafiado a ubicar resoluciones creativas e innovadoras, actuando y aprendiendo sobre la marcha, demostrando capacidad de adaptabilidad y flexibilización de los contenidos y diseños de los cursos para el aprendizaje en las distintas áreas de formación.” [14].

Esta gran presión ejercida sobre toda la comunidad educativa para garantizar la continuidad pedagógica generó un nuevo síndrome conocido como *coronoteaching*.

Coronoteaching alude a un fenómeno socioeducativo con implicaciones psico-afectivas, tanto en profesores como en estudiantes al sentirse abrumados por recibir información excesiva a través de las plataformas educativas, aplicaciones móviles y correo electrónico. A lo que se suma la frustración e impotencia derivadas de las limitaciones en la conectividad o de la falta de know-how para la operación de plataformas y recursos digitales [14].

Solamente aquellos participantes con experiencias previas han tenido mayores herramientas que les permitieron la adaptación.

Este cambio que aceleró la pandemia de acuerdo con Capilla [14] es probable que permita un replanteo y genere una transformación en la enseñanza que conocíamos. Entonces el adoptar un modelo de educación en línea, aún a causa de una pandemia, generó un gran cambio de paradigma a los modelos establecidos, transformando en una oportunidad de acercarse a diferentes modelos didácticos y generando recursos que en el futuro sería deseable que se aprovechen en una modalidad mixta que sinergien el aprendizaje.

2. METODOLOGÍA

Para los fines de este trabajo se tomó como objeto de estudio la asignatura Gestión de la Calidad, desarrollada durante el primer cuatrimestre de 2020, la cual se dictó casi en su totalidad bajo la modalidad virtual. La asignatura es de carácter obligatorio para quinto año de la Carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Por sus correlatividades puede ser cursada a partir de cuarto año y como optativa de otras ingenierías.

El curso estaba constituido por 41 estudiantes y la totalidad de las actividades y trabajos prácticos se realizan en equipos de trabajo de no más de cinco estudiantes.

Aun cuando el contexto sorprendió al equipo docente, la cursada virtual se planificó teniendo en cuenta los siguientes pasos que se realimentan de manera continua:

2.1 Determinación del soporte para las comunicaciones y el desarrollo del aula virtual:

Si bien la Facultad de Ingeniería cuenta hace varios años con un campus virtual en base a la Plataforma Moodle, la asignatura la utilizaba para dos usos principales: como repositorio de bibliografía, módulos y trabajos prácticos y para las comunicaciones y novedades en forma bidireccional entre docentes y estudiantes.

En función a la tecnología disponible, en principio, se decidió utilizar las herramientas proporcionadas por la versión de Moodle con la que se contaba. Se comenzó a utilizar un sistema de conferencia web de código abierto denominado BBB *Big Blue Button*, para las clases virtuales sincrónicas, se establecieron foros de consultas, se determinaron espacios para carga de tareas en el campus virtual por parte de los estudiantes y se continuó con los usos anteriores a la pandemia. Así mismo se buscó dar identidad al aula con un rediseño por solapas para cada una de las unidades del programa que permitiera un acceso rápido a la última información.

Teniendo en cuenta el Análisis de dificultades (que será explicado a continuación en el Paso 6), luego de cada ciclo de planificación de actividades se optó por no utilizar la BBB debido a la falta de conectividad, la imposibilidad de grabar la clase, ya que se encuentra restringida esa funcionalidad y porque no soportaba el uso de herramientas ni proyección de videos mientras se desarrollaba la video conferencia. Consecuentemente por la familiaridad de los estudiantes y las ventajas de estas plataformas gratuitas en algunos casos, se decidió el uso alternado de Zoom y Google Meet.

2.2 Análisis de riesgos

Se analizaron los posibles riesgos que pudieran surgir para los diversos aspectos de la cursada virtualizada. Consecuentemente, se determinaron planes alternativos para asegurar que el proceso de enseñanza se realizará con la mayor posibilidad de igualdad para los estudiantes.

Se abordaron los siguientes riesgos con sus respectivos planes:

Conectividad: considerando la disponibilidad y posibilidad tecnológica diversa de los estudiantes se realizaron clases sincrónicas, con su respectiva grabación, clases asincrónicas y el uso de plataformas más ágiles y rápidas.

Dinamismo de las clases: se incorporó el uso de herramientas en línea, para favorecer intercambio, reflexión y síntesis de temáticas.

Dispersión y desorganización: se respetó el día y horario original de la asignatura y se planificaron las actividades para que pudieran realizarse dentro de ese horario.

Soledad: en diversas oportunidades se estableció un espacio inicial para compartir vivencias invitando a contar cómo estaban pasando la situación y brindar apoyo si fuera necesario. También se desarrolló comunicación por mail y en los primeros minutos de las clases se compartían estas emociones. Así mismo el equipo docente intentó mantener abierta siempre la cámara, durante las clases sincrónicas.

Relación estudiante-profesor: entendiéndose un aspecto fundamental en el proceso de enseñanza aprendizaje, se analizaron diferentes métodos de motivación y el establecimiento de distintos métodos de comunicación y acciones que trataron de generar un vínculo al compartir experiencias y modos de pensar.

Evaluaciones: se realizó un protocolo para pérdida de conectividad con diversos canales de comunicación en caso de que sucediera, simulacros de examen virtual y reconocimiento del uso de la herramienta cuestionario y modalidad de toma de examen. Se abordó, asimismo, el riesgo ético de copia, mediante un Código de ética al que se comprometieron los estudiantes, se utilizaron preguntas aleatorias del banco de preguntas, junto con preguntas de mayor nivel de análisis crítico para la conformación de la evaluación y se complementa con un examen oral mediante video llamada.

2.3 Diseño de las clases y actividades

Primeramente, se revisó el cronograma planificado para la cohorte 2020 y se adaptaron las actividades, considerando las diversas formas de aprender del estudiante, los recursos virtuales disponibles y los conocimientos de los docentes en el uso de las herramientas virtuales. Cabe destacar que algunos conocimientos y habilidades se fueron adquiriendo en forma autodidacta bajo la necesidad de generar un aprendizaje más significativo. Como recursos didácticos se utilizarán: clases sincrónicas y asincrónicas, aula invertida, trabajos en equipos aleatorios en plataforma Zoom con asistencia del docente, trabajos cooperativos online, videos realizados por los estudiantes, autoevaluaciones, presentaciones orales, uso de foros, discusión de prácticos de manera sincrónica, entrevistas a representantes de calidad de organizaciones de la región, etc.

La cantidad de trabajos prácticos se mantuvo en la misma cantidad que en el plan original y con la misma extensión y nivel de dificultad que en las clases y prácticas presenciales. En ese sentido se buscó no solo la continuidad de la cursada sino también mantener los contenidos buscando generar el mismo nivel de aprendizaje.

La evaluación siempre se plantea teniendo en cuenta dos facetas importantes: continua y sumativa. La evaluación continua se mantuvo en forma similar a la modalidad presencial a través de los diferentes trabajos prácticos y actividades, aunque se vio resentida la evaluación individual. Respecto a la evaluación sumativa, para la cursada presencial se habían planificado originalmente dos exámenes parciales, pero dada la incertidumbre inicial a nivel institucional, la posibilidad de regreso a las aulas, que no se concretó, y los riesgos de la evaluación virtual, el equipo se tomó un tiempo prudencial en la decisión y replanificación de las evaluaciones sumativas. Luego de un exhaustivo análisis y priorizando el aprendizaje y los intereses de los estudiantes, se decidió realizar un instrumento evaluativo escrito integrador al final de la asignatura, complementado con un examen oral.

2.4 Realización de las clases y actividades

Las clases sincrónicas se desarrollaron durante el horario habitual asignado a la cursada. Las teorías se acortaron para poder ser más llevaderas en un espacio virtual donde el estudiante se puede distraer o perder la concentración. Por otra parte, se intercalaban clases asincrónicas según la relevancia de la temática a tratar y se dispusieron para que el estudiante si lo deseaba las viera utilizando el horario o la carga horario correspondiente a la asignatura.

2.5 Avance y seguimiento de los aprendizajes

El seguimiento de los aprendizajes se realizó a lo largo de toda la cursada, mediante la evaluación de los trabajos prácticos. Se realizaron devoluciones periódicas sobre el desempeño de los trabajos y se utilizaron rúbricas de evaluación.

Se realizó una evaluación integradora final compuesta por una parte escrita y otra oral.

2.6 Análisis de dificultades

Para conocer las dificultades o posibles oportunidades de mejora se realizó, luego del primer mes de cursada, una encuesta para conocer en mayor profundidad las características de infraestructura, tecnología, disponibilidad de recursos de los estudiantes y sus principales problemáticas.

Así mismo se recibieron mails con sugerencias y se generaron consultas en reiteradas ocasiones al estudiante respecto a fechas, modalidades, herramientas, cambios, etc.

2.7 Mejora

El análisis de las encuestas, los mails de los estudiantes, comentarios, consultas, etc., permitió de manera continua ir adaptando la planificación de las actividades a las necesidades de los mismos. Cada ciclo de planificación de las clases y actividades fue monitoreado y mejorado para la siguiente clase.

Al finalizar la cursada se realizó una nueva encuesta a los estudiantes mediante la herramienta de Google-form, que permitió al equipo docente conocer las vivencias del estudiante, principales ventajas y desventajas de la cursada virtual en su opinión y proporcionar un nuevo insumo para mejorar las prácticas para la asignatura que el equipo dictará en el segundo cuatrimestre que también empezará de manera virtual.

El trabajo se enmarca en un enfoque de reflexión en la acción donde se genera la necesidad de repensar las propias prácticas en forma continua y sistemática que permita el mejor trayecto posible. Este enfoque rescata como se mencionó anteriormente en el detalle de los diferentes pasos el ciclo de mejora continua PDCA (por sus siglas en inglés *Plan, Do Check, Act*) propio de la filosofía de la Gestión de la Calidad.

3. RESULTADOS

El análisis de la ERT está basado en las herramientas de medición de los diferentes aspectos del desarrollo de la asignatura, principalmente las encuestas y comunicaciones de los estudiantes y la evaluación del equipo docente; a continuación, se sintetizan los resultados más importantes.

La primera encuesta fue realizada luego del primer mes de cursada en forma virtual, la misma fue respondida por 33 estudiantes (un 80% de la comisión) y como resultado se pudo caracterizar mejor al grupo, y conocer varios aspectos que preocupaban tanto al estudiante como al docente.

Dentro de los aspectos a resaltar, podemos mencionar que el 88 % de los estudiantes vive con su familia, un 9% vive solo/a y un 3% con un compañero/a, lo que puede generar inconvenientes en el desarrollo de sus estudios. En cuanto a la comodidad para llevar a cabo las clases en línea y estudiar, el 57,58 % contaba con un lugar independiente para continuar su estudio, si bien es un porcentaje importante muestra una situación que fue analizada en el cambio de diferentes estrategias que se irán desarrollando en el abordaje de cada problemática.

Los estudiantes contaban con diferentes dispositivos para la conexión a las clases virtuales dentro de los que se pueden mencionar: un 96,97 % computadoras, un 69,70 % Tablet y un 12,12% celulares. La conexión a internet usada para las actividades en esta nueva modalidad fue un 93,94 % señal de WIFI y un 33,33 % disponía de paquete de datos. Durante las primeras semanas de cursada online el 70 % de los estudiantes se conectó siempre a las clases sincrónicas, un 21 % no se pudo conectar a algunas o varias clases por otros motivos que no responden a falta de conectividad y 9 % perdió la posibilidad de participar en varias clases por inconvenientes en internet. Esta información generó la reestructuración de la planificación de las clases con mayor contenido teórico hacia clases asincrónicas a través de videos y bibliografía y a la necesidad de grabar aquellas clases sincrónicas.

En ese sentido se observó que un alto porcentaje de estudiantes contaban con una estructura, en principio, acorde para dar continuidad a la educación online. Sumado a que, es importante mencionar, que, de acuerdo con la percepción de los estudiantes, en promedio, la modalidad de cursada de las clases sincrónicas les ayudó a mejorar su aprendizaje en una nota de 8.03 y a las clases de revisión de los trabajos prácticos les asignaron un valor de 8.45 en una escala de 10.

Por otra parte, se les consultó si en caso de que la situación de aislamiento social continuase estarían en condiciones de tener una evaluación online individual. Lo que nos dio como resultado, como se muestra en la Figura 1, que un 61 % de los estudiantes encuestados estaban en condiciones de rendir, un 39 % no estaba seguro y ninguno contestó que no podría.

Así mismo en la Figura 2, se observan los principales inconvenientes que pudieran surgir al momento de desarrollar el examen en línea, en primer lugar un 48 % de los estudiantes manifestó posibles problemas de conectividad, en segundo lugar, un 39,39 % apuntó a problemas de funcionamiento de la plataforma como por ejemplo el colapso del sistema, demoras en la visualización y pérdida de las respuestas; y en tercer lugar, un 15,15 % manifestó que sufriría nervios por el tiempo limitado y sólo un 3,03 % referenció miedo a que se superponga con otros exámenes.

Esta información respecto de la evaluación, junto con otros comentarios que recibió el equipo docente por otros medios, permitió dar confianza a la planificación de una evaluación en forma completamente virtual y contribuyó a que se realice un análisis de riesgos, se planifique y se tomen acciones para minimizar los posibles inconvenientes durante este proceso. Primeramente, frente a la extensión de la cuarentena se tomó la decisión de evaluar de manera sumativa en la virtualidad llevando a cabo un único examen integrador al finalizar el curso, para contar con tiempo para adaptarse a esta modalidad.

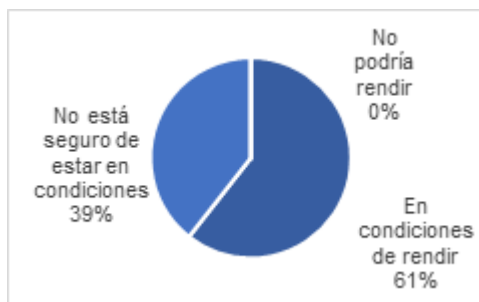


Figura 1 Posibilidad de realizar evaluación



Figura 2 Posibles inconvenientes en la evaluación

Luego, para minimizar los riesgos de conectividad como se mencionó en el apartado de metodología se realizó un protocolo con diversos canales de comunicación para acceder al examen en caso de pérdida de conectividad. Para evitar el riesgo de que el sistema colapse se seleccionó una fecha en la que no hubiera otros exámenes en ese mismo momento. Así mismo se realizó una autoevaluación y un simulacro de examen que les permitió a los estudiantes conocer bien la herramienta y darles tranquilidad y seguridad. También se brindó información a modo de preguntas frecuentes elaboradas por parte del equipo docente luego de varias pruebas y se completó este análisis planificando acciones para evitar el riesgo ético como se mencionó en el apartado anterior. Otro aspecto importante que se abordó en la encuesta de proceso tuvo que ver con escuchar sugerencias sobre cuestiones que los estudiantes consideraban podían mejorarse (Figura 3).



Figura 3: Cuestiones que podrían mejorarse

Como puede observarse, de los estudiantes que respondieron esta pregunta, en primer lugar, el 45,5 % de ellos, consideró que debería cambiarse la plataforma de video llamada del aula virtual, esto se debe a que presente muchos inconvenientes (se corta, es lenta y no permite utilizar con agilidad otros recursos), en segundo lugar un 36,6% sugirió incorporar más clases asincrónicas por problemas de conectividad y en tercer lugar un 18,8 % no mejoraría nada. De este análisis y de otras consideraciones el equipo docente decidió cambiar la BBB por el uso alternado de Zoom y Google Meet e incorporar más clases asincrónicas.

A pesar de que no se volvió a realizar otra encuesta de proceso sistemática, se fueron realizando ajustes para generar una mejor experiencia en este trayecto.

Al finalizar el curso, luego de las evaluaciones, se realizó una encuesta sumativa que pretendió recuperar la satisfacción de los estudiantes e identificar oportunidades de mejora. La encuesta final fue respondida por 31 estudiantes (76% del total), abarcando diversos aspectos de interés para este trabajo y para la mejora de las prácticas del equipo docente.

Reforzando la encuesta inicial, la percepción de la comparación del estilo de clases que se muestra en la Figura 4, mantuvo su valoración. Los estudiantes valoraron las clases sincrónicas virtuales (en línea) en un 83,9 % entre muy bueno (45,2%) y bueno (38,7%), un 3,2 % excelente, un 12,9 regular y un 0% malas. En cuanto a las clases asincrónicas (grabadas en video), Figura 5, el 80,7 % las

valoró entre excelente (32,3%) y muy bueno (48,4%), un 12,9 % bueno, un 3,2% regular y un 3,2% malo.

Lo que se desprende que en las categorías de excelente y muy bueno los porcentajes de valoración para las clases asincrónicas son mayores, esto va en línea con la necesidad de los estudiantes de contar con clases grabadas donde no se pierda conectividad, se generen interferencias en la audición y la nitidez de la presentación.

Consecuentemente con este análisis, de acuerdo con la experiencia y preferencia de los estudiantes, Figura 6, para el dictado virtual un 45,2 % elegiría mayoritariamente clases asincrónicas, un 35,5 % mixtas, un 12,9 mayoritariamente sincrónicas y un 6,5% todas asincrónicas.

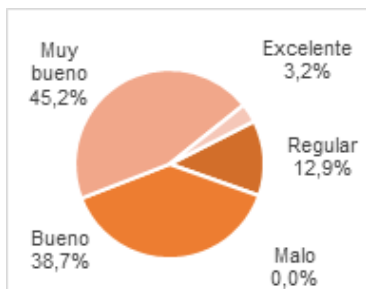


Figura 4 Valoración clases sincrónicas

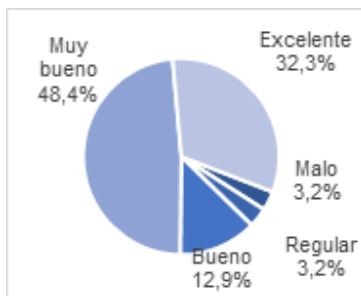


Figura 5 Valoración clases asincrónicas

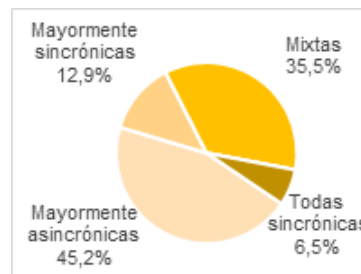


Figura 6 Preferencias sobre el estilo de clases

Así mismo al comparar las clases sincrónicas de las dos primeras semanas presenciales con las clases sincrónicas en línea los mayores porcentajes en cuanto a la productividad de una clase u otra se encuentran en que un 38,7 % de los estudiantes dijo que las clases sincrónicas fueron menos productivas que las presenciales, un 32,2 % que fueron igual de productivas, un 9,7% que fueron más productivas y un 19,4 % de los estudiantes no estuvo presente por pasantías y programas laborales en el exterior.

Si bien se observa una preferencia a las clases presenciales, el resto de los resultados indican que a pesar del contexto se pudo continuar con clase sincrónicas adecuadas. Sustentado así mismo en que un 61,3% de los estudiantes calificó a la claridad y consistencia de las explicaciones en las clases teóricas sincrónicas como muy buenas, un 22,6 % buena y un 16,1% excelente.

Continuando con la comparación de las dos modalidades, se analizó en función de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la cursada virtual la valoración de los trabajos prácticos, actividades, presentaciones y evaluaciones, etc.



Figura 7 Comparación modalidades

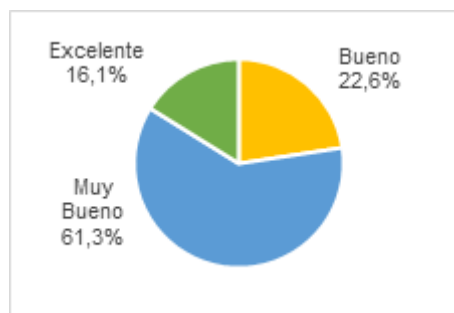


Figura 8 Valoración de aprendizaje

Como se observa en el Figura 7, un 61,3% de los estudiantes señaló que los resultados las cursadas presenciales fueron superiores con 38,7 % calificados como mejores y un 22,6 % apenas mejores, luego un 22,6 % indicó que los resultados fueron iguales para ambos tipos de cursadas y un 16,1 % los resultados de las clases virtuales fueron apenas mejores.

Referido a cómo los estudiantes valoraron su aprendizaje un 16,1 % como excelente, un 61,3% muy bueno y 22,6 % bueno, como puede observarse en la Figura 8.

En cuanto a los resultados de seguimiento de los trabajos prácticos grupales y actividades, el equipo docente, observó una performance similar a la de las cursadas presenciales. Sin embargo, al incorporar una parte oral en el examen integrador y no poder tener una nota de desempeño individual, ya que fue muy difícil identificar la participación de cada estudiante durante la cursada por limitaciones en cantidad de estudiantes, no todos participaban y la falta de tiempo para la

interacción de manera periódica, la cantidad de estudiantes que promocionaron fue mucho menor. Al analizarlo cuantitativamente, de un promedio de un 74,5% de estudiantes promocionados en los últimos años pasó a 56% este año, generándose una disminución del 25%. Si bien esta magnitud generó una gran sorpresa, lo importante a destacar es que sólo una estudiante abandonó la asignatura al inicio de la misma y otro estudiante desaprobó.

Las principales ventajas que valoraron los estudiantes en cuanto al cursado virtual de acuerdo con el grado de importancia puede apreciarse en la Figura 9, son en primer lugar el mayor manejo de los tiempos, en segundo lugar, el trabajo y aprendizaje autónomo, en tercer lugar, lo comparten el uso de las TICs y una mayor comodidad y en cuarto lugar la mejora del trabajo en equipo. En este sentido se observa que uno de los principales pilares para la educación en línea como es el aprendizaje autónomo fue una ventaja de las más valorada por los estudiantes.



Figura 9 Ventajas cursado en línea



Figura 10 Desventajas cursado en línea

En la Figura 10 se muestran las principales desventajas/ dificultades que señalan los estudiantes de acuerdo con el grado de importancia en relación con la cursada virtual. En primer lugar, la comunicación con el docente y la dificultad para concentrarse y estar tranquilo en casa, en segundo lugar, las evaluaciones que modificaron sustancialmente su forma, en tercer lugar, que no se puede diferenciar los horarios de esparcimiento y ocio y en cuarto lugar la comunicación con el equipo para trabajar, así mismo se ve que no fue una dificultad mayor los problemas económicos.

Si bien la comunicación con el docente fue una de las principales desventajas señaladas, al consultarles respecto de la posibilidad de realizar consultas y los canales de comunicación, el 83,8% de los estudiantes los consideró entre muy sencillo (41,9%) y sencillo (41,9%). Por otra parte, un 9,7% dijo que no fue necesario realizar consultas, un 6,5% que fue engorroso y ninguno contestó que no pudo. Esto hace suponer que el estudiante en la consulta mostrada en la Figura 10 se refiere a la relación estudiante-profesor y no a la posibilidad formal de comunicación.

Por su parte el equipo docente, si bien dispuso de diversos canales de comunicación: foros, mail, espacios en las clases en línea, tuvo esta misma percepción: la falta de presencialidad. La imposibilidad del cara a cara en las clases, en los prácticos, imposibilita el contacto habitual o deseado con el estudiante donde se favorece el intercambio y la relación entre ambos.

En esa misma línea, un aspecto que preocupó a los docentes fue generar motivación en los estudiantes para la participación y discusión, para ello se generaron varias instancias de puesta en común y trabajos en la Plataforma Zoom en equipos aleatorios. En cuanto a lo que percibieron los estudiantes del grado de motivación por parte del equipo docente para participar y generar debates, Figura 11, un 6,5% de los estudiantes consideró un grado excelente, un 22,6% muy bueno, un 38,7% bueno, un 25,8% regular y un 6,5% malo.

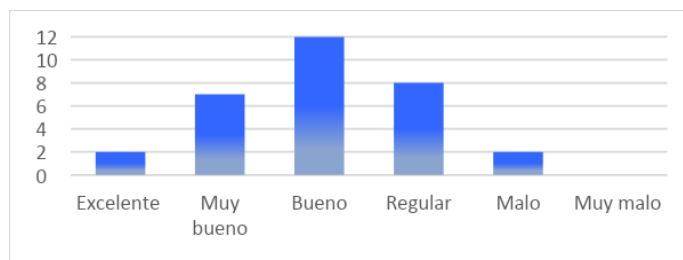


Figura 11 Grado de Motivación para la participación y discusión

Es claro que aquí el equipo docente, también tendrá que trabajar un poco más, tratando de sortear la limitación de que no todos abren sus cámaras, el transcurso del tiempo en la virtualidad se percibe de diferente manera y la posibilidad de interacción es más limitada. También es importante tener en cuenta que a pesar de que parte del equipo docente tiene experiencia en educación a distancia, es la primera experiencia en este curso con muy poco tiempo de planificación.

El análisis de la evaluación es otro aspecto importante por evaluar y sin duda no podrá realizarse un análisis comparativo con la modalidad presencial dado que los entornos y el seguimiento son muy diferentes. Respecto de cómo los estudiantes consideraron la modalidad de evaluación acorde a los objetivos de la asignatura y a las actividades de enseñanza realizadas en la virtualidad, un 55% la consideró acorde porque contribuyeron a la maduración y a la integración de conceptos aunque hubieran preferido que la evaluación sumativa estuviera dividida en dos partes por la gran cantidad de contenido y un 32% que fue parcialmente acorde debido a las mismas razones y a que consideraron al examen oral dificultoso y un 13 % no acorde debido al nivel de abordaje y al estilo de preguntas.

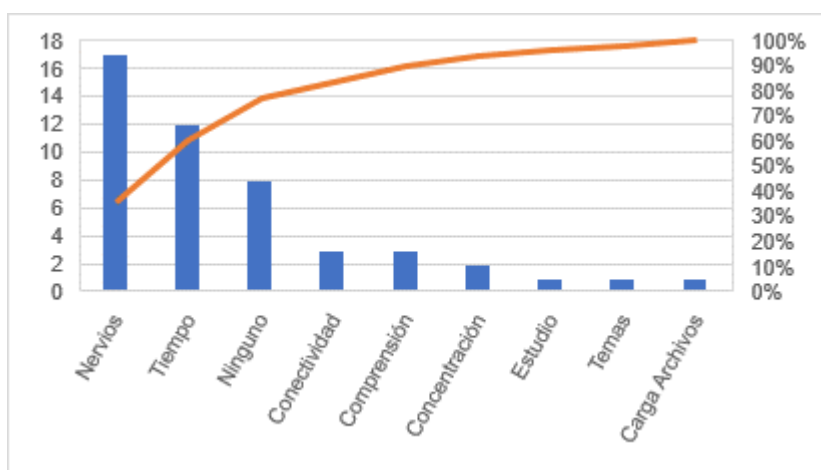


Figura 12 Dificultades en la evaluación escrita

El examen escrito en plataforma mediante cuestionario, de acuerdo con los entrevistados, presentó las siguientes dificultades: en primer lugar, nervios por parte de los estudiantes (54,8%), en segundo lugar, faltó tiempo para la resolución (38,7%) y en tercer lugar un 25,8 % de los estudiantes no tuvieron inconvenientes, tal como se observa en Gráfico de Pareto de la Figura 12. También se incluyeron otras problemáticas en menores porcentajes (inconvenientes de conectividad, comprensión de consignas, falta de concentración debido a ruidos en el ambiente, falta de estudio, temas incorporados que no fueron trabajados en forma suficiente, errores en la carga de archivos). El análisis de estos datos sugiere que, si bien se había realizado un simulacro de evaluación, incluyendo prueba de las acciones contingentes por corte de conectividad o colapso de plataforma, los nervios son un factor inherente a la situación de examen y más aún en esta nueva modalidad donde se incorporan otras variables.

Otra de las cuestiones a analizar y que es fundamental en espacios de aprendizaje por este medio es el compromiso manifestado en la cursada virtual por parte de los estudiantes. En su autoevaluación los estudiantes manifestaron un grado elevado, un 90,3% de ellos dicen haberse comprometido entre un grado muy alto (41,9%) y alto (48,4%) y sólo un 9,7% medio, tal como se observa en la Figura 13. Esta percepción puede validarse en parte, con la asistencia a las clases en línea, que no eran obligatorias, por más de un 75 % de los estudiantes y por la resolución de los trabajos en tiempo y forma, validando con la observación docente esta percepción.

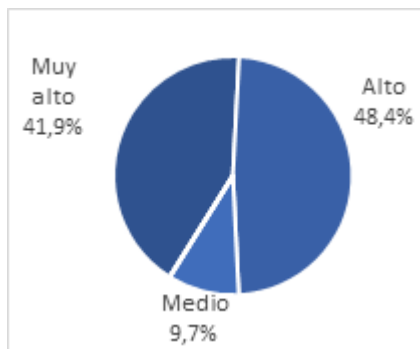


Figura 13: Grado de *Compromiso con la cursada*

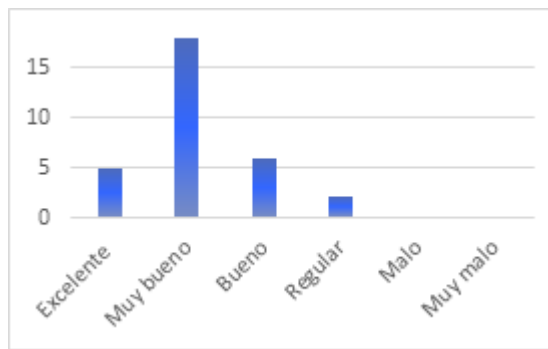


Figura 14: *Valoración del material de apoyo*

También es importante observar en la Figura 14, la valoración del estudiante respecto a la calidad del material de apoyo (videos, presentaciones *Power Point*, módulos, autoevaluaciones, FAQ, etc.). Un 74,2% de los mismos lo clasificó entre excelente (16,1%) y muy bueno (58,1%), un 19,4% bueno y un 6,5% regular. En este sentido el equipo docente se esforzó mucho en que el estudiante tenga distintos recursos y puertas de entrada al conocimiento para lograr un aprendizaje más significativo.

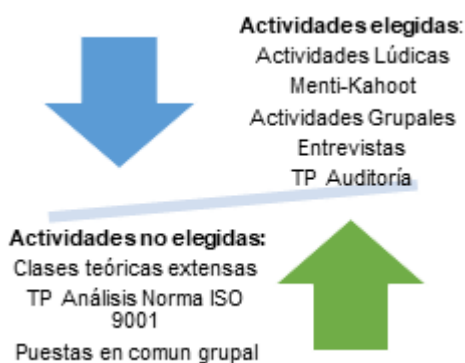


Figura 15 *Actividades de la cursada*

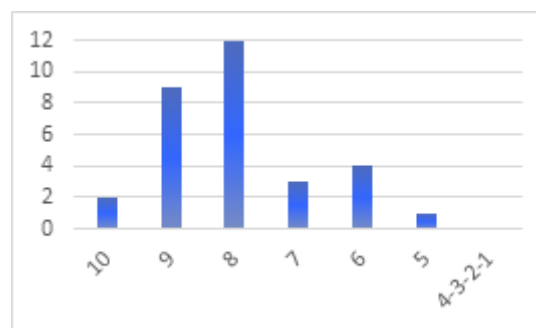


Figura 16 *Valoración global de la asignatura*

En la Figura 15 se muestran las actividades que fueron mayormente elegidas por los estudiantes de las desarrolladas en contraste con aquellas de menor preferencia. Lo que se observa es la gran necesidad del estudiante sobre actividades de intercambio y que generen espacios de análisis y de acercamiento a los contenidos desde otra perspectiva.

Es importante resaltar que un 61 % de los estudiantes que contestaron la encuesta sugirieron algunas formas de participación que les hubiera gustado que se contemplara en la asignatura: en primer lugar (31,5%) señalaron la necesidad de realizar más actividades interactivas, tales como juegos, trabajos en grupos en línea por Plataforma Zoom, presentaciones orales y menos trabajos prácticos, en segundo lugar (21%) dijo que no hubiera incorporado ninguna otra forma y en tercer lugar una mayor cantidad de clases asincrónicas acompañadas de consultas sincrónicas (10,2%). Nuevamente, de las sugerencias de los estudiantes se observa, la necesidad de mejorar y mantener una mayor relación estudiante- docente y con sus compañeros, necesidad que el equipo docente sintió como la mayor desventaja en contexto de pandemia.

Finalmente, en la Figura 16 se muestra la valoración global de su experiencia en la asignatura donde es importante destacar que a pesar de que hubo diferentes ciclos de mejora, que la incertidumbre fue importante y que los modelos de evaluación fueron muy diferentes, la experiencia global es muy positiva.

3. CONCLUSIONES

La situación generó un cambio en el paradigma de la educación superior que requirió un rápido y repentino proceso de planificación y resignificación y, trabajo en equipo entre docentes, auxiliares y estudiantes para generar ámbitos de aprendizaje significativo.

El logro de la adecuación en tan poco tiempo significó un intensivo esfuerzo autodidacta para aprender herramientas relacionadas con las TICs que permitieran diversos planteos didácticos, ya que, si bien en el equipo docente se contaba con algunas personas con experiencia en educación a distancia, la misma era en una modalidad en línea asincrónica.

Estas nuevas competencias adquiridas resultan sumamente valiosas y sin duda, permitirán la mejora de las prácticas en el segundo cuatrimestre y también en las asignaturas futuras presenciales enriqueciendo las diferentes puertas de entrada al conocimiento que ofrecen las herramientas interactivas virtuales.

La modalidad planteada por el equipo docente a través del análisis de riesgo y el monitoreo continuo, permitió ir generando correcciones y adecuaciones durante la cursada, ejercicio que sin duda se continuará implementando a futuro.

Dentro de las principales dificultades se mencionan el escaso tiempo de planificación, replanificación en función de limitaciones de equipamiento y las restricciones del contacto profesor-estudiante mediado por la virtualidad, entre otras.

Dentro de las oportunidades se destacan el compromiso de docentes y estudiantes en el proceso, la implementación de procesos de cambio, el desarrollo de competencias en docentes y estudiantes, mejora de las estrategias para el aprendizaje autónomo y en equipo como así también la gestión de los riesgos. Dado en un contexto donde las posibilidades (infraestructura, conectividad y posibilidades económicas propias) de docentes y estudiantes permitieron el desafío, otros serían los resultados en condiciones más desfavorables.

Dentro de las ventajas destaca por los estudiantes en esta experiencia es importante resaltar un mejor manejo de sus tiempos, el aprendizaje autónomo, el uso de las TICs, la mayor adaptación, la mejora del trabajo en equipo y de los aspectos comunicacionales, competencias fundamentales del futuro ingeniero industrial.

Dentro de las deficiencias indicadas por los estudiantes que son compartidas por los docentes, pueden mencionarse en primer lugar la comunicación y relación profesor-docente, la dificultad de espacios de concentración, la imposibilidad de separar tiempos de estudio/trabajo y ocio y el gran desafío de la evaluación.

Igualmente, resulta pertinente generar una mención al compromiso desarrollado tanto por estudiantes como docentes en pro de la generación del mejor espacio de aprendizaje posible en el contexto desarrollado. Finalmente, si bien este trayecto pedagógico con características muy diferentes produjo una gran perturbación al interior de la educación superior y de la propia cátedra, generó el descubrimiento de estrategias que permitirían apoyar, en un futuro, el rol docente para el enriquecimiento de las propias prácticas.

4. REFERENCIAS

- [1] IESALC (2020). “Informe del IESALC analiza los impactos del #covid19 y ofrece recomendaciones a gobiernos e instituciones de educación superior”. Recuperado de: <http://www.iesalc.unesco.org/2020/04/14/iesalc-insta-a-los-estados-a-asegurar-el-derecho-a-la-educacion-superior-en-igualdad-de-oportunidades-ante-el-covid-19/>
- [2] Resolución Ministerial, 104/2020, Ministerio de Educación, Ciudad de Buenos Aires, 14/03/2020. Recuperado de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/226749/20200316>
- [3] Resoluciones de Rectorado, 3106/2020, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 16/3/2020. Recuperado de: http://digesto.mdp.edu.ar/vista/ver_norma.php?id_norma=38915
- [4] Resoluciones de Rectorado, 3151/2020, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 31/3/2020. Recuperado de: http://digesto.mdp.edu.ar/vista/ver_norma.php?id_norma=39243
- [5] Resolución del Decanato, 691/2020, Facultad de Ingeniería, UNMDP, Mar del Plata, 5/5/2020. Recuperado de: http://digesto.mdp.edu.ar/vista/ver_norma.php?id_norma=40004
- [6] Charles Hodges, Stephanie Moore, Barb Lockee, Torrey Trust y Aaron Bond (2020) “La diferencia entre la enseñanza remota de emergencia y el aprendizaje en línea”. Recuperado de EDUCAUSE Review el 27 de marzo de 2020. Acceso al artículo original: “The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning”. Recuperado de <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning> Traducido por Raul Santiago con permiso de los autores.
- [7] Robert M. Branch and Tonia A. Dousay (2015). “Survey of Instructional Design Models,” Association for Educational Communications and Technology (AECT), 2015. Recuperado de https://www.the flipped classroom.es/diferencias_eseonline/
- [8] Educaweb. “Diferencias entre cursos online y cursos a distancia”, recuperado de <https://www.educaweb.com/contenidos/educativos/formacion-online-distancia/diferencias-formacion-online-formacion-distancia/>
- [9] Rivero, M. Andrea; da Silva Momo, Fernanda; Behr, Ariel; Pesce, Gabriela (2018) “Evolución de la Educación a Distancia en Universidades Argentinas: Influencia de las Innovaciones

- Tecnológicas”. *Escritos Contables y de Administración*, vol. 8, n.º 2, 2017, págs. 35 a 56
Recuperado de <https://revistas.uns.edu.ar/eca/article/view/603/719>
- [10] Susana Diez de la Cortina (2020). “*Enseñar en tiempos de pandemia*”. Recuperado de <https://www.educaweb.com/noticia/2020/04/21/ensenar-tiempos-pandemia-19145/>
- [11] Torres Santomé, J. (2002). “*Sin muros en las aulas: El curriculum integrado*”, en Ana Sacristan Lucas (Coord). *Lecturas de Didáctica*. Madrid
- [12] IESALC, (2020). “*COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después -Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones*”. Recuperado de: <http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf>
- [13] Flores Moran, J. (2019). “La relación docente-alumno como variable mediadora del aprendizaje”. *Revista San Gregorio*. Universidad Politécnica Salesiana. Guayas. Ecuador.
- [14] Capilla, Ana (2020). “*¿Cómo las universidades garantizan la continuidad pedagógica y planifican el futuro? Aportes emergentes del primer foro de rectores ante la pandemia del covid-19*”. Recuperado de www.iesalc.unesco.org/2020/05/29/como-las-universidades-garantizan-la-continuidad-pedagogica-y-planifican-el-futuro-aportes-emergentes-del-primer-foro-de-rectores-ante-la-pandemia-del-covid-19/

Análisis comparativo entre metodologías de evaluación de competencias interpersonales

D'Onofrio, María Victoria; Morcela, Oscar Antonio

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, Argentina.
vickyfi@fi.mdp.edu.ar.*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la revista **RADI N°17***

RESUMEN.

Entre las competencias sociales, políticas y actitudinales que el estudiante de Ingeniería Industrial debe desarrollar a lo largo de su carrera se encuentran aquellas que se denominan "interpersonales". En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata desde 2007 se trabaja en el desarrollo de competencias durante el proceso de aprendizaje. Particularmente en la carrera de Ingeniería Industrial se ha centrado en estudiar la evolución del desarrollo de competencias interpersonales.

En una asignatura del último año de la carrera se planteó desde 2011 un estudio sistemático que tuvo como objetivo cuantificar la "Competencia para Comunicarse" utilizando una herramienta computacional basada en Lógica Difusa, desarrollada para tal fin. Esta técnica fue seleccionada, frente a otras posibles dentro de la inteligencia computacional, por su interpretabilidad y facilidad en la modelización del razonamiento del profesor mediante el desarrollo de una herramienta automática. Con asistencia de un experto, profesor de la asignatura seleccionada, se elaboró un cuestionario que evalúa diferentes aspectos específicos que deben ser tenidos en cuenta en la valoración de la competencia. En una etapa posterior el experto colaboró en la definición de predicados que son valuados a través de Lógica Difusa. El seguimiento de la "Competencia para Comunicarse" se realizó entre 2011 y 2017 mediante la herramienta modelada.

A partir de 2019 se consideró necesario comenzar a indagar el seguimiento del itinerario curricular de la competencia, es decir el grado de adquisición durante el progreso académico de los estudiantes durante la carrera, o sea en su período formativo. Para ello se contempló estudiar el desarrollo y adquisición de la competencia en asignaturas seleccionadas de tercero, cuarto y quinto año, las cuales declaran la importancia y evaluación de la competencia durante el cursado. En esta instancia se determinó la necesidad de trabajar con muestras, ya que hasta el momento el estudio se realizaba con la totalidad de los estudiantes cursantes de la asignatura. Se identificaron dos dificultades, un gran número de preguntas que el docente debe responder por cada estudiante y que, en el modelado de la herramienta, cada pregunta de la grilla de evaluación fue ponderada como "Muy importante", "Importante" o "Menos importante". Por lo tanto, para cada asignatura en la cual se evalúe la competencia, el experto debería hacer esa calificación previa, y posteriormente rediseñarse la herramienta computacional para cada caso. Esta situación reveló la ausencia de dinamismo ante su uso, la complejidad del método al extenderlo para cada asignatura y en caso de aplicarlo para otras competencias, que también han sido evaluadas.

En esta instancia se decidió indagar otras metodologías utilizadas con la misma finalidad y menor dificultad y en el caso de encontrarla, se simplificaría su validación al ya tener los resultados de siete años consecutivos. En la búsqueda de diversas metodologías, una llamó particularmente la atención, utilizada por María José García García y sus colaboradores, no solo por su simplicidad, sino también porque se basa en el uso de grillas de preguntas, con una escala de calificación similar a la del trabajo descrito anteriormente. Esto proporcionó un punto de partida más cercano al objetivo buscado y redujo considerablemente la tarea. De este modo se procesaron los datos con la nueva metodología, y después de realizar pruebas y ajustes, se logró la similitud buscada en los resultados, por lo cual se infiere que el reemplazo ha sido validado. Los resultados derivados de la nueva metodología son consistentes con los obtenidos a través del uso de la herramienta computacional. La aplicación es dinámica, sencilla y replicable. El número de preguntas en la grilla

de evaluación para cada estudiante se redujo y se estandarizó el proceso. Con esta validación es posible justificar el reemplazo de la herramienta y avanzar con el objetivo planteado.

En adelante se espera estudiar los criterios de dimensionamiento y selección de muestras, que permitan la difusión del trabajo en un mayor número de asignaturas. El seguimiento de estos indicadores constituye un insumo fundamental para el rediseño curricular de la carrera.

Palabras Claves: lógica difusa, evaluación de competencias, competencias interpersonales, comunicación.

ABSTRACT.

Among the social, political and attitudinal competencies that must be developed by an Industrial Engineering student throughout their training program, there are those called "interpersonal". Since 2007, the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata has been working on the development of competencies during the learning process. Particularly in the Industrial Engineering training program, the evolution of the development of interpersonal skills has been studied.

In a last year course of the degree, a systematic study was proposed since 2011 with the aim of quantifying the "Competence to Communicate" using a computational tool based on Fuzzy Logic, developed for this purpose. This technique was selected, compared to other possible ones within computational intelligence, because it could easily interpret and model the teacher's reasoning through the development of an automatic tool. With the assistance of an expert (professor of the selected course), a questionnaire was developed that assesses different specific aspects that must be taken into account for the assessment of competence. In a later stage, the expert collaborated in the definition of predicates that are valued through Fuzzy Logic. The monitoring of the "Competence to Communicate" was carried out between 2011 and 2017 using the modeled tool.

In 2019 it was necessary to begin to investigate the monitoring of the curricular itinerary of communicative competence, that is, the degree of acquisition during the academic progress of students during their training period. It was intended to study the development and acquisition of competence in selected third, fourth and fifth year courses, which declare the importance and evaluation of competence during its course. In this instance, it became necessary to consider samples, since until now the research was carried out with all the students taking the course. Two difficulties were identified, a large number of questions that must be answered by the teacher for each student and that, in the modeling of the tool, each question in the evaluation grid was weighted as "Very important", "Important" or "Less important". Therefore, for each course in which the competence is evaluated, the expert should make that previous qualification, and later the computational tool must be adjusted for each case. This situation revealed the lack of dynamism in its use and the difficulty of extending the method to other courses and other competencies.

In this instance, it was decided to investigate other methodologies used with the same purpose and less difficulty, and if it was found, its validation with respect to the previous results would be studied. In the search for various methodologies, the one used by María José García García and her collaborators particularly attracted attention, not only for its simplicity, but also because it is based on the use of question grids, with a rating scale similar to that of work described above. This provided a starting point closer to the desired objective and the task was greatly reduced. The data were then processed with the new methodology, and after tests and adjustments, the results derived from the new methodology were consistent with those obtained through the use of the computational tool. The application is dynamic, simple and replicable. The number of questions in the evaluation grid for each student was reduced and the process was standardized. With this validation, the replacement of the tool is possible without losing reliability and advancing with the proposed objective.

From now on, it will be sought to study the criteria for sizing and selecting samples, which allow the dissemination of the work in a greater number of courses. The monitoring of these indicators constitutes a fundamental input for the curricular redesign of the training program in Industrial Engineering.

Keywords: fuzzy logic, competency assessment, interpersonal skills, communication.

Adaptar la forma sin perder el contenido

Villanueva, Bárbara*; Pistán, Darío; Arciénaga Morales, Antonio

*Facultad de Ingeniería
Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta
Universidad Nacional de Salta.
Av. Bolivia 5150.
villanue@unsa.edu.ar.*

RESUMEN

Durante el primer cuatrimestre de 2020, las materias Operaciones Industriales y Gestión Estratégica debieron reinventar su forma de acercar a los estudiantes los conocimientos y saberes para ser y hacer, de manera de efectivizar el proceso de aprendizaje bajo este nuevo contexto de aislamiento, debido a la pandemia mundial.

El cronograma de clases, el tipo de actividades propuestas y la forma de seguimiento del aprendizaje mudaron al ritmo que, tanto docentes como estudiantes, fueron incorporando herramientas e interacciones virtuales. Los docentes debieron modificar sustancialmente las prácticas de enseñanza-aprendizaje y los estudiantes sus hábitos de estudio.

Se realizaron encuestas para conocer el impacto que la virtualidad tenía en la población estudiantil de las asignaturas. Se adaptaron los instrumentos de enseñanza y se gestionaron los recursos requeridos para poder impartir asignaturas de tan diversos campos de aplicación, en forma virtual.

Los resultados fueron positivos y de aprendizajes significativos tanto para alumnos como para los docentes, con la colaboración de la infraestructura y adaptación proporcionada por la facultad, pero por sobre todo por el ímpetu personal de no dejarse vencer por la adversidad. Existen también problemas a resolver, como el funcionamiento de los equipos virtuales de aprendizajes, aprender que la virtualidad no es una extrapolación de las actividades presenciales y ver cómo combinar pedagogía con tecnología y con relaciones humanas mediadas por lo tecnológico.

Se considera que la virtualidad vino para quedarse, y casi no cabe duda que ya han resignificado la relación de la universidad con el aprendizaje a distancia. La forma híbrida en la que evolucione esa relación quizá no sea en forma virtual absoluta, pero sí en una integración entre nuevas formas presenciales y virtuales de enseñar y aprender la ingeniería.

Palabras Claves: enseñanza virtual, metodologías didácticas.

ABSTRACT

During the first semester of 2020, the Industrial Operations and Strategic Management subjects had to reinvent their way of bringing students closer to the knowledge and know how to be and to do, in order to make the learning process effective under this new context.

The class schedule, the type of activities proposed and the way of monitoring learning changed at the rate that both teachers and students were incorporating virtual tools and interactions. Teachers had to substantially modify teaching-learning practices and students their study habits.

Surveys were conducted to find out the impact that virtuality had on the student population of the two subjects. The teaching instruments were adapted and the necessary resources were managed to be able to teach subjects from such diverse fields of application, in a virtual way.

The results were positive and of great learning for both students and teachers, with the collaboration of the infrastructure and adaptation provided by the faculty, but above all due to the personal impetus of not being overcome by adversity. There are also problems to be solved such as the functioning of virtual learning teams, learning that virtuality is not an extrapolation of face-to-face activities and seeing how to combine pedagogy with technology and with human relations mediated by technology. We believe that virtuality is here to stay, and there is almost no doubt that the university's relationship with distance learning has already been redefined. The way in which this relationship evolves may not be in absolute virtuality, but rather in an integration with new face-to-face ways of teaching and learning engineering.

Keywords: virtual teaching, didactic methodologies.

1. INTRODUCCIÓN

Las materias Operaciones Industriales y Gestión Estratégica corresponden al primer cuatrimestre de cuarto y quinto año respectivamente de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa.). Durante el primer cuatrimestre de 2020, fue necesario rediseñar ambas cátedras para adaptar su dictado al nuevo escenario de aislamiento social obligatorio.

Este proceso fue facilitado por la disponibilidad de una planificación previa ya probada en cursado presencial durante varios años, que incluye trabajo en equipo por parte de los estudiantes, evaluación grupal de casos de estudio, uso de plataforma *Moodle* para compartir material. Pero se presentaban dificultades en diversos aspectos, que se basaban principalmente en actividades presenciales. Tomando como base el diseño previo, se reinventaron las formas e instrumentos para acercar a los estudiantes los conocimientos para ser y hacer, de manera de hacer efectivo el proceso de aprendizaje bajo este nuevo contexto.

Esta ponencia se estructura de la siguiente manera: en el apartado siguiente se detalla la metodología de análisis utilizada; en el apartado 3 se desarrolla toda la información incluyendo desde datos formales de las materias y el equipo docente hasta la mediación pedagógica y la evaluación. Luego, en el acápite 4 se discuten los resultados, para finalmente señalar algunas conclusiones en el apartado 5.

2. METODOLOGÍA

La metodología asumida para el análisis consistió en el estudio detallado del diseño previo por competencia [1, 2, 3], asumiéndolo como una hoja de ruta flexible, en la cual detectar los cuellos de botella del proceso al ser convertido a formato virtual y determinar los “atajos o desvíos” que se debían tomar, con el fin de minimizar los riesgos asociados al cambio de modalidad de dictado, También se debieron definir los recursos necesarios para estos cambios. Se ajustaron los resultados de aprendizaje al contexto virtual. A continuación, se realizó el análisis y selección de acciones mitigadoras. Por último, se determinaron los indicadores de seguimiento y evaluación de los objetivos de aprendizaje previamente redefinidos.

Se enfocó el análisis en:

- Diseño de metodologías pedagógicas adaptadas para el aprendizaje de “saber, hacer y ser” en entorno virtual.
- Estudio de alternativas para las actividades vinculadas a viajes de estudio y estudio de casos reales.
- Desarrollo de nuevos modelos de evaluaciones de seguimiento y de promoción de la asignatura, adecuadas a las disposiciones reglamentarias de la Facultad y de la Universidad.

3. DESARROLLO

En primer lugar, fue necesario constatar que los contenidos mínimos estuvieran incluidos en la planificación modificada. También se analizaron objetivos generales y específicos, al igual que las competencias genéricas académicas, personales y profesionales, buscando aquellos que resultaran más lábiles en un contexto virtual.

Revisando los resultados de aprendizaje planteados, se detectó que el más afectado era el vinculado a actividades que implicaban visitas a las empresas, tanto en los viajes de estudio organizados para Operaciones Industriales, como en las visitas por grupo para desarrollar el caso real en ambas asignaturas.

En el análisis de los instrumentos de seguimiento y evaluación de los estudiantes, se detectó que, ante las nuevas condiciones de virtualidad y las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad y la Facultad, sería necesario hacer modificaciones en el sistema de evaluación de las dos materias.

3.1. Información Académica Administrativa

En este campo, los principales cambios correspondieron a la distribución de horas presenciales por semana y a los días y horarios de clases. Se tomó la decisión de reducir ligeramente el tiempo de actividad sincrónica, y aumentar el tiempo de actividades asincrónicas, agregando videos de las clases teóricas de ambas materias para su análisis asincrónico, e implementar sesiones de *Zoom* para la discusión y puesta en común de lo visto en estos videos y para la explicación y validación de los conceptos y criterios de mayor complejidad.

De acuerdo a lo dispuesto por la Facultad, se mantuvieron los días de semana y franja horaria de clases, de manera de no superponer horarios con otras asignaturas.

3.2. Contenidos mínimos

Fue necesario revisar los contenidos mínimos a fin de asegurar que el desarrollo posterior de la planificación contemplara la totalidad de los mismos. En ambas materias se planificaron las clases virtuales a fin de cubrir completamente dichos contenidos mínimos.

3.3. Programa Analítico y saberes a transmitir

En las asignaturas, no sólo se imparten conocimientos o “saberes para conocer” (resumidos en el programa analítico), sino también “saberes para hacer” y “saber ser”. En este análisis, surgió el primer cuello de botella. Entre los saberes para hacer de ambas materias se incluyen actividades vinculadas a las visitas a plantas de proceso, por lo que, para Operaciones Industriales se propuso la alternativa de búsqueda de información en páginas *web* de las mismas, o a través de contactos con éstas (Fig.1). En el caso de Gestión Estratégica, se tomó la decisión de trabajar con un estudio de caso preparado por el profesor, sobre una empresa ficticia que simulara un caso real (por la abundancia de detalles y cifras), presentando a los estudiantes los datos de la misma a través de un documento (Fig.2).

TEMA 5: TRANSPORTE Y ACONDICIONAMIENTO DE FLUIDOS	
Conocer	<p>Concepto: Análisis y resolución de problemas en instalaciones para conducción de fluidos. Dimensionamiento de cañerías. Análisis y selección de bombas. Análisis y selección de válvulas. Redes de cañerías.</p> <p>Activo e Dinámico: Dimensionamiento y selección para cañerías. Catálogos de nuevas características de bombas. Visita a estructuras similares.</p>
	<p>Conocer: Repaso de conceptos de pérdida de carga por fricción de fluidos en cañerías. Interpretación de diagramas de flujo de fluidos.</p>
Hacer	<p>Problemas: Representación de curvas características.</p>
	<p>Algoritmos: Algoritmos de cálculo de pérdidas de carga en tramos sector 7.</p>

Figura 1. Análisis de los saberes para conocer, hacer y ser. Elección de contramedidas. Operaciones Industriales.
Fuente: elaboración propia

Figura 2. Análisis de los saberes para conocer, hacer y ser. Elección de contramedidas. Gestión Estratégica.
Fuente: elaboración propia

3.4. Equipo docente

En ambas asignaturas se cuenta con un profesor y un jefe de prácticos. En este cuatrimestre tan atípico, se contó con la colaboración del departamento de cómputos de la Facultad para habilitar funciones de *Moodle* o despejar dudas técnicas, aunque en general los docentes optaron por la autoformación o la participación de capacitaciones *on line* para crear videos, organizar el material

en la plataforma Moodle y opciones de evaluación *on line*. El desafío del equipo consistió no sólo en resolver la conectividad de tipo tecnológica, sino también una conectividad de los estudiantes con los saberes, conceptos, criterios y competencias de ambas materias.

3.5. Objetivos y resultados de aprendizaje

Se ajustaron los objetivos de aprendizaje de las asignaturas a través de los resultados de aprendizaje, planteados en base a los contenidos mínimos, las competencias genéricas académicas, personales y profesionales. En este análisis se tuvieron en cuenta también las evidencias de aprendizaje. A modo de ejemplo, se presenta la Tabla 1 de contribución de competencias genéricas de la asignatura Operaciones Industriales, verificándose en la misma, los cuellos de botella, a fin de resolverlos. Los niveles de tributación reportados en la Tabla 1 corresponden a la siguiente escala: 3: alto, 2: medio, 1: bajo.

Tabla 1. Contribución a las competencias genéricas. Asignatura Operaciones Industriales

Competencias Genéricas para:	Nivel de tributación	Situación propia donde se revela
1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	3	Prácticos- Curso de Balance- Caso real- Teoría- Informes orales y escritos
2 Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, ...)	3	Prácticos- Curso de Balance- Caso real- Teoría- Informes orales y escritos- Visitas a planta
3 Gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas...). Equipos de Procesos	1	Caso real- Informes Orales y escritos- Prácticas de planta piloto
4 Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería	2	Prácticos. Parciales. Caso real
5 Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	2	Caso real- Prácticos
6 Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	2	Trabajo en equipo para la realización de prácticos y casos reales- Visitas a planta
7 Comunicarse con efectividad.	2	Informes orales y escritos. Uso de bibliografía y papers específicos en inglés. Participación en conferencias y presentaciones técnicas- Visitas a Planta. Uso plataforma Moodle
8 Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social,	2	Prácticos- Parciales- Evaluaciones- Prácticos de Planta Piloto- Visitas a Planta
9 Aprender en forma continua y autónoma.	3	Evaluaciones por tema- Parciales- Exposiciones orales- Preparación para cada una de estas actividades- Clases de consulta- Informes escritos y orales con citas bibliográficas
10 Actuar con espíritu emprendedor.	1	Caso real- Proyecto final- Trabajo en equipo para la realización de prácticos y casos reales

Fuente: elaboración propia

3.6. Mediaciones pedagógicas

A partir de 2019 se incorporaron algunas técnicas de seguimiento continuo del aprendizaje, como ser la pausa cada 20 minutos para *el feedback* y las preguntas previas (con distintos formatos, como ser preguntas exploratorias) y el *one minute paper* en las clases teóricas.

Estas prácticas docentes fueron de gran utilidad en este período de aislamiento social obligatorio. Se adecuaron las pausas de *feedback*, las preguntas previas y finales, al formato de cuestionarios y encuestas en la plataforma *Moodle*. Las clases a través de *Zoom* marcaron el ritmo de dos módulos de 40 minutos de clase y 10 de descanso para las clases de consulta sobre los videos teóricos, subidos a la plataforma *Moodle* con anterioridad. Como se subían videos de 50-60 minutos, para estudio asincrónico, se disminuyó el tiempo de clases sincrónicas, a fin de no sobrecargar a los estudiantes.

Para el caso de la resolución de trabajos prácticos, se tomaron tres módulos *Zoom* de consulta con sus respectivos descansos. Al igual que otros años, se trabajó con equipos de 6 a 7 estudiantes, trasladándose a los mismos la responsabilidad de interactuar para producir las consignas de los trabajos prácticos. Los prácticos se subieron como tareas en la plataforma. Luego de haber concluido las materias, a modo de autoevaluación de las cátedras, puede señalarse que no se brindaron a los estudiantes pautas para la formación por competencias y funcionamiento de equipos virtuales. Se dejó librada la interacción sólo a la que se necesitaba para ejecutar la consigna de trabajo, extrapolando la experiencia previa en lo presencial.

Algunos de los informes de trabajos prácticos fueron reportados mediante videos por los estudiantes, para lo cual las cátedras elaboraron una guía para la redacción del libreto primero y realización del video propiamente dicha. Los videos permitieron observar los conceptos y criterios del análisis de casos, y su exposición no sólo incrementó la riqueza de la exposición de los estudiantes con el lenguaje visual, sino que también fue una evidencia importante de los aprendizajes en curso.

Se realizaron encuestas para conocer el impacto que la virtualidad tenía en la población estudiantil de las asignaturas. Los datos relevados desencadenaron acciones institucionales como aumento de capacidad en la plataforma *Moodle*, acceso a la misma y a otras herramientas virtuales sin consumo de datos por parte de los estudiantes, retorno a sus hogares intermediado por la Universidad para aquellos estudiantes de otros departamentos o provincias, contratación de *Zoom* y *Meet* institucional, entre las acciones más importantes. Las mismas fueron tomadas a nivel Facultad o Universidad.

A nivel cátedras, el material provisto en la plataforma estuvo en línea con lo detectado al aplicar el test de Felder y Silverman [4, 5], que permite tener conocimiento sobre sus tendencias en el modo de aprendizaje: visual y sensorial, un poco más estabilizada hacia secuencial. Este instrumento manifestó la necesidad de incorporar diferentes formatos en la plataforma *Moodle*: videos, *Power point*, apuntes y papers.

Para poder aplicar estas nuevas prácticas docentes, fue necesario adquirir o mejorar competencias en plataforma *Moodle*, programas de clases virtuales, como plataforma *Zoom*, *Meet* o *Jitsi*, programas para edición de videos como *Camtasia* y subida de videos a *YouTube* o *Drive*.



Figura 3. Evaluación de saberes conocer, hacer y ser. Elección de contramedidas. Operaciones Industriales
Fuente: elaboración propia

3.7. Sistema de Evaluación

Así como se imparten los tres tipos de saberes, el sistema de evaluación contempla también el conocimiento, el hacer y el ser (Fig. 3). Ya en la presencialidad se evaluaba de esta manera en ambas materias. Sólo debieron adecuarse los instrumentos para recolectar evidencia.

En este sentido, se utilizaron tablas con criterios de evaluación, conocidos también como rúbricas, revisando los momentos y evidencias de evaluación.

Las evaluaciones de ambas materias, en general fueron hetero-evaluaciones, distribuyendo tareas entre el profesor y el auxiliar de cátedra, aunque los casos y las evaluaciones orales se evalúan en conjunto.

También se llevaron a cabo co- evaluaciones, sobre todo en los trabajos prácticos y en la evaluación de los casos. Para este tipo de evaluación se diseñó un tablero de evaluación indicando cinco criterios que debían considerar, a saber:

- Contenido.
- Tiempo de exposición de la evaluación.

- Características audiovisuales de la presentación.
- Participación de todos los integrantes del equipo.
- Valor agregado (algo adicional a lo mínimo requerido).

La disponibilidad de los criterios de la evaluación permitió también hacer una autoevaluación, aspecto muy positivo para el aprendizaje de los estudiantes, en esta etapa de virtualidad. Para los parciales, ambas materias innovaron su metodología.

En el caso de Gestión Estratégica se preparó un cuestionario evaluativo de Google con preguntas sobre todos los temas, que se presentó a los estudiantes a modo de autoevaluación. Se hicieron luego clases de consulta para chequear las respuestas y sus justificaciones. Se evaluó a los estudiantes con una selección de dichas preguntas, pasando luego a una instancia oral. También se evaluaron, a través de videos grupales, los casos de estudio.

En el caso de Operaciones Industriales, se trabajaron los parciales prácticos a través de sesiones Zoom, subiendo los resultados a la plataforma Moodle. Para los parciales teóricos, se dispuso la presentación de un tema en forma oral, con el apoyo audiovisual de cuatro slides de Power Point que comprendieran los resultados de aprendizaje:

- Slide 1: objetivo de la operación sorteada y energía/s necesaria/s para su funcionamiento y costos asociados, fenómeno principal.
- Slide 2: ejemplo de aplicación en la industria para los diferentes modos de operación.
- Slide 3: ecuaciones que intervienen en el cálculo de pre- dimensionamiento (balances de materia, energía, ecuaciones de transferencia, equilibrio o las que corresponda. Información adicional).
- Slide 4: Esquema del equipo para enseñarle su funcionamiento a un operador de planta nuevo, donde indique variables de entradas y salidas, y puntos que debería controlar o estar atento en su operación.

4. RESULTADOS

Los resultados fueron positivos y de aprendizajes significativos tanto para estudiantes como para docentes, con la colaboración de la infraestructura y adaptación proporcionada por la Facultad, pero por sobre todo por el ímpetu personal de no dejarse vencer por la adversidad. Se pudo dictar todo el contenido de ambas asignaturas y paliar las actividades requeridas con nuevos recursos.

De los porcentajes de alumnos que completaron el cursado y que se presentaron y aprobaron los parciales, se considera que las acciones tomadas alcanzaron el objetivo: mitigar el efecto del aislamiento social y del dictado virtual, en la capacidad de aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto al equipo docente, se puede destacar que el cambio hacia la virtualidad evidenció la falta de una preparación adecuada, que se trató de suplir con una importante cuota de esfuerzo y tiempo. Tal vez en los primeros momentos se asumió la virtualidad como una réplica de los aprendizajes de la presencialidad, pero paulatinamente se fueron incorporando nuevas herramientas al análisis de casos, la realización de videos para evidenciar el autoaprendizaje, y el estímulo a aprender nuevos conceptos y teorías mediante videos suministrados por la cátedra. Toda la experiencia puede calificarse como una mezcla milagrosa de “enseñanza remota de emergencia” [6] y aprendizaje acelerado de la virtualidad. En definitiva, un resultado a computar es que el equipo docente, sin lugar a dudas, modificó sus prácticas docentes incorporando paulatinamente buenas prácticas centradas en el aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto a la formación de competencias, se pudo observar que, si bien los estudiantes mostraron una gran facilidad para el uso de las plataformas digitales de comunicación y videoconferencias, y flexibilidad para manejar herramientas de producción de las presentaciones (en especial videos), sin embargo demostraron problemas para cambiar hábitos de estudios bastante consolidados y para interactuar de manera eficiente en equipos digitales de trabajo.

El reclamo o solicitud de los estudiantes fue mayoritariamente de mapa de rutas (guías precisas de estudio o fórmulas de resolución de un problema) y no de brújulas para el autoaprendizaje. Este emergente puede estar marcando que los ajustes importantes de la virtualidad no son sólo en las prácticas docentes sino también en los hábitos de estudio de los alumnos. Ambos cambios son estructurales e involucran esfuerzos con un horizonte de largo plazo.

5. CONCLUSIONES

Se considera que la virtualidad vino para quedarse, quizá no en forma absoluta, pero sí en una integración con las formas presenciales de enseñar y aprender la ingeniería. Se trata de una transición inconclusa, ya que la pandemia no ha terminado. Seguramente, las nuevas formas híbridas resultantes tomarán un cauce definitivo dependiendo de cuánto dure la pandemia y del

grado de digitalización de materiales y experiencias de enseñanza y de aprendizajes. Se requerirán nuevos estudios confirmatorios para validar la hipótesis de hibridación y el grado de la misma.

De la experiencia vivida y aquí relatada, lo primero que se podría señalar es que la virtualidad reduce en buena medida el margen de improvisación posible en las actividades áulicas presenciales, que aumenta en gran medida el trabajo de diseño y producción del material pedagógico a los docentes, y que las prácticas docentes obligadamente deben migrar hacia diseños de aprendizajes con mucho mayor protagonismo de los estudiantes. Éstos a su vez, deben también aprender nuevos hábitos de estudio y de trabajo universitario. En este sentido, quedan para mejorar la incorporación de herramientas específicas que permitan a los estudiantes desarrollar pensamiento crítico, hacer planteos innovadores y mejorar la interacción entre los propios estudiantes para estimular aprendizajes grupales significativos.

Cabe también resaltar que los problemas de la virtualidad y de la educación a distancia no se resuelven sólo con mejores plataformas y tecnologías. Como ya se mencionó, no sólo hay que resolver problemas de conectividad digital, sino también problemas de conectividad humana (entre estudiantes y docentes, y entre estudiantes entre sí) mediada por las tecnologías TICs. Hay una gran tentación hacia el “solucionismo tecnológico”, como señala Evgeny Morozov [7], en el cual se supone como lógica de base que es posible arreglar todos los problemas educativos por medio de estrategias digitales de cuantificación y parametrización en las plataformas educativas utilizadas. En este sentido, lo pedagógico es el fin y la tecnología es el instrumento, y no al revés.

La virtualidad también afectó a quienes gestionan el día a día de la facultad. Las autoridades y el personal de apoyo de la misma fueron también un actor clave en resolver numerosos problemas planteados por una normativa y una cultura de funcionamiento basado en actos presenciales, fundamentalmente. Por ello, habría que decir que el modelo híbrido que vendrá no sólo tendrá como protagonistas a estudiantes y docentes sino también al personal de gestión de la universidad.

El desafío inducido por la pandemia es muy complejo. El modelo híbrido en estado (de cambio) gaseoso y en algunos casos líquido debe combinar deliberadamente la integración de lo cognitivo, de lo relacional, de lo pedagógico y de lo tecnológico, de una manera armónica y efectiva. Tal vez esta oportunidad que abrió fortuitamente la pandemia nos permita descubrir que los docentes tenemos el rol de diseñadores de nuevas formas de aprendizajes, más que meros transmisores de contenidos.

6. REFERENCIAS.

- [1] Kowalski, V. A., Morano, D. E., Erck, I. M., Enríquez, H. D., & Arlettaz, M. M. (2018). *Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias*. Serie Material de apoyo. Primera Edición. Editor: Víctor Andrés Kowalski.
- [2] Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- [3] Cukierman, U. (2018). *Aprendizaje Centrado en el Estudiante: un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería*. En prensa.
- [4] Felder, R. M., Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.
- [5] Felder, R.M., Soloman, B.A. (sd.). *Index of Learning Styles*.
- [6] Hodges, Charles; Moore, Stephanie; Lockee, Barb; Trust, Torrey; Bond, Aaron (2020). *The Difference between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. Educause.
- [7] Morozov, Evgeny (2016). *La Locura del Solucionismo Tecnológico*. Buenos Aires: Capital Intelectual.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo deseamos agradecer a las autoridades de la Facultad, a los colegas de otras asignaturas y al Departamento de Cómputos de la Facultad de Ingeniería por el compartir diversas experiencias que se llevaron adelante durante todo el cuatrimestre. Este trabajo colaborativo nos permitió desempeñar nuestras funciones en este tiempo de crisis. También les agradecemos a nuestros estudiantes, que aprendieron a la par nuestra en esta ciencia de la virtualidad.

Propuesta de relevamiento de competencias profesionales para el perfil del ingeniero 4.0 en el ámbito metalúrgico

Fornari, Javier*; Monier, Eduardo

Facultad Regional Rafaela, Universidad Tecnológica Nacional - Acuña 49.

javier.fornari@frra.utn.edu.ar, eduardo.monier@frra.utn.edu.ar

RESUMEN

El análisis de la estructura industrial y social de Rafaela se ha venido realizando desde hace más de 3 décadas y desde el año 2000 a través de censos y otros mecanismos de relevamiento de información, y desde diversas entidades de la ciudad. Es por ello por lo que este trabajo busca realizar una revisión de las competencias necesarias en carreras de ingeniería teniendo en cuenta el impacto, desarrollo y tendencias futuras de las tecnologías de la Industria 4.0 en las organizaciones del entramado industrial metalúrgico de Rafaela. Para ello se propone un modelo de herramienta cuestionario para el relevamiento de las necesidades de la industria metalúrgica local sobre competencias profesionales y tecnologías de la industria 4.0 con el fin utilizar esta información en etapas posteriores de la investigación para generar nuevos servicios tecnológicos y preparar el nuevo perfil de competencias del profesional industrial.

Palabras Claves: competencias, industria 4.0, metalúrgica, ingeniería

ABSTRACT

The analysis of the industrial and social structure of Rafaela has been carried out for more than 3 decades and since 2000 through censuses and other information gathering mechanisms, and from various entities of the city. That is why this work seeks to carry out a review of the necessary competencies in engineering careers, taking into account the impact, development and future trends of Industry 4.0 technologies in the organizations of the metallurgical industrial network of Rafaela. For this, a questionnaire tool model is proposed for the survey of the needs of the local metallurgical industry on professional skills and technologies of Industry 4.0 in order to use this information in later stages of the investigation to generate new technological services and prepare the new competency profile of the industrial professional.

Keywords: competencias, industry 4.0, metallurgical, engineering

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está orientado al relevamiento de competencias profesionales y tecnologías de la industria 4.0 a través de una propuesta de cuestionario de forma que las industrias puedan definir los procesos y herramientas necesarias que deberían desarrollar para construir un perfil profesional adaptado a las necesidades del mercado. En la primera parte se describe la situación actual de la ciudad de Rafaela introduciendo las características principales y su enfoque al ámbito de la industria, en una segunda instancia se los elementos de la industria 4.0 y las competencias profesionales para luego mostrar brevemente la metodología y el cuestionario propuesto donde finalmente se exponen las conclusiones correspondientes.

1.1. Marco Actual de la ciudad Rafaela

La estructura económica actual de la ciudad de Rafaela incluye tanto una amplia producción industrial como una significativa producción agropecuaria, que de diversas maneras ha contribuido al desarrollo de actividades manufactureras. Actualmente, Rafaela constituye un polo de desarrollo industrial regional y es centro de la cuenca lechera más importante de Argentina y Sudamérica. La ciudad de Rafaela fue escenario de un vigoroso proceso de industrialización debido a la instalación y desarrollo en su planta urbana de industrias transformadoras de materias primas regionales. Puede decirse que el proceso industrial en Rafaela ha seguido, en líneas generales el ritmo de proceso de industrialización operado en la economía argentina. Así mismo, Rafaela muestra una estructura industrial con variados sectores que la convierten en un área productiva poli sectorial, por lo que no resultó tan afectada ante las diversas crisis económicas y sociales que se sucedieron en el país. No obstante, de la diversificación de actividades que conforman el tejido industrial local, los sectores de alimentos y bebidas y fabricación de autopartes y de maquinaria y equipos aglutinan el 69% del empleo total [1, 2, 3]. El sector industrial, en lo que se refiere a la actividad manufacturera, incluye muchas de las industrias incipientes de la provincia de Santa Fe, que emergieron para responder a la expansión de la demanda producida por una población que crecía rápidamente. Otras, surgieron en relación directa con las explotaciones cerealeras, para proveerlas de los insumos necesarios o para elaborar el producto final. El movimiento cooperativo, motivado por la idea de controlar la propia producción industrial y su posterior comercialización, formó un entramado socio territorial que dio al área ciertas características que se mantuvieron durante mucho tiempo, como ser productores medianos, buena red de caminos, electrificación rural, paisaje agroindustrial, entre otras [4]. Por otro lado, el complejo escenario competitivo que se presenta a las empresas que actúan en el mercado global, despliega nuevos desafíos para los agentes involucrados. En este marco, el desarrollo de ventajas competitivas depende, cada vez más, de la destreza de las firmas relacionada con las mejoras de productos y procesos, el aseguramiento de la calidad, los cambios organizacionales y la búsqueda de nuevas formas de vinculación con el mercado. Esto indica que, en la actualidad, el logro de la diferenciación depende no sólo de la capacidad de innovación de las empresas en forma individual, sino de una adecuada armonía entre los procesos de innovación que se dan a nivel de la región. En el proceso de creación de ventajas competitivas dinámicas, estos procesos de innovación, sumados a la incorporación de tecnología, al desarrollo de procesos de aprendizaje y a su marca y reputación, juegan un rol clave [4, 5]. En este contexto cobran fuerza las teorías relacionadas con las ventajas asociadas al desarrollo de clusters y distritos industriales. Los clusters son concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas entre sí por un hilo conductor, el cual puede ser un determinado sector, y todos ligados por externalidades de diversos tipos, mientras que los distritos industriales son entidades socioeconómicas fuertemente identificadas con un territorio geográfico y con una identidad cultural e históricamente determinada [5]. En líneas generales, estas teorías sostienen la idea de que, dentro de un determinado territorio, con actores vinculados básicamente por relaciones no sólo económicas, la convivencia de un grupo importante de empresas que logren interactuar de manera organizada y que puedan desarrollar la capacidad de asociarse, competir, cooperar, encadenarse, aprender y especializarse, explotando toda la cadena de valor de un determinado proceso productivo, constituye una estrategia que permitirá a las empresas involucradas superar los desafíos impuestos por el dinámico entorno, mediante el logro de altos niveles de eficiencia y competitividad. Es por ello por lo que en la evolución industrial y comercial de la ciudad de Rafaela varias entidades fueron creadas, a los efectos de representar las necesidades de la región y así poder impulsar el crecimiento y sustentabilidad de la ciudad. Estas instituciones representan el entramado institucional de la ciudad y las competencias principales de cada institución, con sus actividades específicas, sus áreas de trabajo y sus acervos de saberes acumulados, permiten que sean reconocidas en el ámbito local y regional por todo el conjunto de actores involucrados. El grado de cooperación existente entre las instituciones de Rafaela y su región genera una sinergia que permiten apreciar la cooperación interinstitucional en proyectos conjuntos relacionados con la comunidad. Los ejes sobre los cuales se muestra el

liderazgo en el tejido institucional son, en primer lugar, la generación de iniciativas y propuestas, la capacidad de articular y generar consenso en segundo lugar, como tercer punto la capacidad de negociación externa y finalmente la visión estratégica de futuro [6]. Por otro lado, desde al año 2000, el Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local (ICEDEL) de Rafaela dependiente de la Municipalidad ha realizado un censo industrial de la ciudad reiterándolo cada 6 años. Actualmente posee el relevamiento de datos de 4 censos junto con sus informes y comparativos. En realidad, las organizaciones públicas y privadas reconocen el valor de los datos como un activo clave para entender profundamente fenómenos empresariales, económicos y sociales que sirven para mejorar la competitividad empresarial en un entorno dinámico [7, 8, 9]. Es por ello por lo que en los últimos años tanto empresas como instituciones dedican importantes esfuerzos a desarrollar sus políticas de marca y visión empresarial de forma de integrar en su estrategia empresarial la consolidación de su imagen y confianza con sus públicos estratégicos. La pérdida de imagen impacta directamente en la cuenta de resultados de las empresas por lo que las mejoras que se introduzcan en la gestión de esta imagen redundarán directamente en su sostenibilidad y en la sostenibilidad económica y social de la región donde operan. De esta forma, a través de la determinación de la reputación corporativa, como valor del conjunto de percepciones acerca de la empresa y que tienen los diversos públicos que interactúan con ella, se podrán generar nuevas políticas y estrategias de competitividad en los mercados locales, regionales e internacionales.

El estudio sobre necesidades de formación es una línea de investigación que en la actualidad está teniendo gran auge, principalmente en el campo empresarial y educativo, posiblemente sea porque a partir de estos estudios se están fundamentando y legitimando propuestas de formación para un desempeño deseado. En el análisis de las investigaciones localizadas respecto al campo de estudio de las necesidades de formación, se desarrollaron y consideraron los siguientes ejes: fuentes de consulta y procedencia donde se desarrollaron los estudios, ámbitos laborales o profesionales donde se realiza la investigación, tipo de investigación y metodologías empleadas, técnicas e instrumentos de recolección de información, tipo de necesidades detectadas, y categorías de investigación contempladas [10].

La ciudad de Rafaela tiene ámbitos donde se pueden debatir o sugerir las necesidades de nuevas formaciones, estos son por ejemplo el programa “Rafaela Productiva 2020” con su nueva versión “Rafaela 2031”, o el Consejo Universitario de Rafaela, CUR. El programa Rafaela productiva 2020 en su línea de trabajo de Educación y Capital humano, se refiere a las necesidades de infraestructura educativa, inclusión e innovación en contenidos y ofertas; consolidar a la ciudad como “ciudad universitaria”, implica la planificación de una red de infraestructura y servicios que faciliten la continuidad del fenómeno educativo superior de la ciudad [11]. El CUR es una organización que está integrada por las principales casas de estudio de la ciudad y el municipio local, y que persigue objetivos tales como conformar un sistema que potencie el conjunto de las capacidades y competencias disponibles en el sistema de formación superior, consensuar lineamientos estratégicos que faciliten una acción más efectiva de la educación superior y que preserven la autonomía institucional de las diferentes universidades e institutos terciarios, promover y facilitar el salto tecnológico del sistema local, entiendo por esto la calidad de vida y el desarrollo cultural de la localidad y promover un proceso deliberado de formación de los recursos humanos [12]. La ciudad demuestra interés en resolver la problemática de mejorar y satisfacer las necesidades de formación superior; por lo que el desarrollo de la encuesta planteada permitirá analizar datos y relevamientos acerca de necesidades de la industria metalmeccánica, recursos humanos que se solicitan y preferencias de estudios de los alumnos que eligen carreras de nivel superior.

1.2. Industria 4.0 y sus competencias

Las tres primeras revoluciones industriales han llevado la mecanización, la electricidad y la tecnología de la información (TI) a la fabricación humana. Desde la primera revolución industrial, las revoluciones posteriores han dado lugar a cambios radicales en la fabricación, desde máquinas alimentadas con agua y vapor hasta la producción automatizada eléctrica y digital. Los procesos de fabricación se han tornado cada vez más complejos, automáticos y sostenibles, lo que significa que las personas pueden operar máquinas de manera simple, eficiente y persistente [13]. En los últimos años, la complejidad y los requisitos en la industria manufacturera han aumentado constantemente. Factores como la creciente competencia internacional, el aumento de la volatilidad del mercado, la demanda de productos altamente individualizados y la reducción de los ciclos de vida de los productos presentan serios desafíos para las empresas [14]. Parece que los enfoques existentes de creación de valor ya no son adecuados para manejar los crecientes requisitos de eficiencia de costos, flexibilidad, adaptabilidad, estabilidad y sostenibilidad. Por un lado, los requisitos en la industria manufacturera han aumentado. Por otro lado, el rápido progreso tecnológico en el pasado

más reciente ha abierto una gama de nuevos potenciales y oportunidades comerciales. Hoy en día la fabricación moderna juega un papel esencial en el mundo, y principalmente en nuestro país. Sin embargo, en los últimos años las industrias de diversos países se enfrentan a muchos problemas; como el envejecimiento de la población y la competencia de los países en desarrollo. Estos problemas impulsan el desarrollo de tecnologías industriales para reducir la fuerza de trabajo, acortando el tiempo de desarrollo del producto, utilizando recursos de manera eficiente de forma de crear nuevos sistemas como el Ciber-Físico (CPS) y la Internet de las Cosas (IoT), estados de las últimas tecnologías avanzadas en la última década.

Con el desarrollo de estas tecnologías, un nuevo concepto, Industria 4.0, fue presentado por Alemania durante la Feria de Hannover en 2011, que simboliza el comienzo de la 4ª revolución industrial [15]. Según Luka [16], la primera revolución industrial comienza a fines del siglo XVIII y está representada por plantas mecánicas de producción basadas en el poder del agua y el vapor; la segunda revolución industrial comienza a principios del siglo XX con el símbolo de la producción masiva de mano de obra basada en la energía eléctrica; la tercera revolución industrial comienza en la década de 1970 con la característica de la producción automática basada en la electrónica y la tecnología de Internet; y en este momento, la cuarta revolución industrial, la Industria 4.0, está en curso, con las características de la producción de sistemas ciberfísicos (CPS), basada en datos heterogéneos e integración de conocimiento. Los principales roles de CPS son cumplir con los requisitos ágiles y dinámicos de producción y mejorar la eficacia y la eficiencia de toda la industria. Industria 4.0 abarca numerosas tecnologías y paradigmas asociados, incluida la identificación por radiofrecuencia (RFID), la planificación de recursos empresariales (ERP), Internet de las cosas (IOT), la fabricación basada en la nube y el desarrollo de productos sociales [17, 18, 19, 20, 21].

Los objetivos de la Industria 4.0 son lograr un mayor nivel de eficiencia operativa y productividad, así como un mayor nivel de automatización [22]. Como Roblek et al. [23] y Posada et al. [24] señalan, las cinco características principales de Industria 4.0 son la digitalización, la optimización y la personalización de la producción; automatización y adaptación; interacción hombre-máquina (HMI); servicios y negocios de valor agregado, y comunicación e intercambio automático de datos. Estas características no solo están altamente correlacionadas con las tecnologías de Internet y los algoritmos avanzados, sino que también indican que la Industria 4.0 es un proceso industrial de valor agregado y gestión del conocimiento. Sin embargo, a pesar de la naturaleza dinámica de la investigación en Industria 4.0, no se dispone de una revisión sistemática y extensa su aplicación a la industria local de Rafaela.

A través de este desarrollo, la tecnología ya no es solo una herramienta tecnológica para mejorar la eficiencia de los procesos internos, sino que se ha convertido en una parte esencial de la creación de valor hasta convertirse en una nueva fuente de ventaja competitiva y, por lo tanto, asume un papel transformador [25]. Este proceso de transformación digital necesita, en la actualidad, desarrollar las capacidades digitales e implementarlas en procesos y estructuras que cambian rápidamente entre empresas. Especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PYME), ya que esto representa un desafío enorme [26]. Es por ello por lo que la transformación digital influye en las empresas, los modelos comerciales, los procesos, las relaciones y los productos para mejorar el rendimiento y la escala de la empresa [27]. La integración horizontal y vertical de los procesos comerciales, industriales y tecnológicos en y entre las empresas representa la base de la transformación digital. Esto lleva a cambios fundamentales en los procesos de producción y trabajo lo que implica que para mantenerse al día con estos cambios es necesario transferir el conocimiento y las experiencias y el desarrollo al uso práctico. Por lo tanto, se debe enfocar sobre la viabilidad y la rentabilidad de las soluciones a implementar.

Resulta claro que las nuevas tecnologías son la base de la transformación digital. Esta es la razón por la cual las tecnologías se enfocan en proyectos de investigación y desarrollo. Ya se pueden usar diferentes soluciones, por ejemplo, impresión 3D, computación en la nube, robótica liviana, sensores inteligentes, realidad aumentada o virtual. Dependiendo de su preparación, estas tecnologías podrían integrarse paso a paso en las empresas. Sin embargo, la tecnología es solo un requisito. Los cambios relacionados en y entre las compañías son mucho más profundos y conciernen a toda la estructura organizacional y operativa. Por lo tanto, la aplicación exitosa de la industria 4.0 depende de las decisiones de gestión para la empresa completa. Todas las personas, desde el empresario, el ejecutivo y el profesional, deben involucrarse con sus funciones, tareas y responsabilidades concretas. Como requisito previo para la digitalización, los procesos deben estructurarse y definirse de forma clara y simplificada. Como resultado, el requisito más importante pertenece a los humanos. El personal debe ser sensibilizado para los temas de digitalización, redes e industria 4.0. Se requieren competencias interdisciplinarias para comprender cómo los nuevos enfoques y tecnologías pueden usarse de manera eficiente para los procesos propios. Por lo tanto, las tres

dimensiones humana, tecnológica y organizacional deben ser consideradas de una manera holística para la transformación digital exitosa.

La transformación digital de sistemas y procesos incluye riesgos y fortalezas, especialmente para las PYMES. Estas compañías tienen recursos limitados para investigación y desarrollo, inversiones, consultoría o calificación de personal. Por lo tanto, la generación de un servicio inteligente se puede considerar otra característica clave de la industria 4.0. En la fábrica inteligente, los productos encuentran su camino de forma independiente a través de los procesos de producción y son fácilmente identificables y localizables en cualquier momento, siguiendo la idea de una producción masiva rentable, pero altamente flexible e individualizada. Es por ello por lo que un servicio inteligente hará que la creciente complejidad de los procesos de fabricación sea manejable para las personas que trabajan allí y garantizará que la producción pueda ser simultáneamente atractiva, rentable y sostenible en un entorno urbano. Es importante comprender que no solo se espera que los procesos de producción cambien, sino también las funciones de los empleados cambien drásticamente. Asimismo, se asume que los empleados tendrán una mayor responsabilidad para que actúen como tomadores de decisiones y que asuman tareas de supervisión en lugar de conducir carretillas elevadoras. A través de la incorporación de este servicio y la conectividad digital permitirán una producción automatizada y optimizada de bienes y servicios, incluida la de sistemas de producción autoadaptables basados en la transparencia y el poder predictivo.

Con respecto a la gestión logística, se espera que se logren oportunidades en términos de descentralización, autorregulación y eficiencia. Pero sin un diagnóstico de las capacidades y competencias tecnológicas de la industria metalúrgica de Rafaela se imposibilita generar un servicio inteligente que permita integrar los nuevos componentes de la industria 4.0. Los estudios de las empresas de los países desarrollados relativos a la acumulación de competencias tecnológicas sugieren que los procesos de aprendizaje influyen en la acumulación de estas competencias en las organizaciones pudiendo esta ser influencia tanto positiva como negativa [28, 29, 30, 31, 32]. La identificación de la trayectoria de la acumulación de competencias tecnológicas en las empresas del sector metalúrgico contribuye en la práctica de los gestores tecnológicos de esas empresas, acentuando o revirtiendo los modelos establecidos de los procesos de aprendizaje. Además, busca explicar hasta qué punto los estudios desarrollados en las empresas en industrialización sobre acumulación de competencias tecnológicas permiten identificar la trayectoria de la acumulación de competencias tecnológicas para comprender cómo los procesos subyacentes de aprendizaje influyen en esta trayectoria.

En general la búsqueda de innovaciones está relacionada con las características del conocimiento y la solución de problemas. La heurística sobre "cómo hacer las cosas" y "cómo mejorarlas" está muchas veces incorporada a las rutinas organizacionales convirtiendo a ciertas empresas en "buenas" para explotar oportunidades técnicas y traducirlas en productos comercializables. En dichas cuestiones existe una cantidad significativa de indivisibilidad organizacional. También, la necesidad de acumulación de conocimiento tácito o explícito posee una implicación crucial que es que las actividades innovadoras son fuertemente selectivas, acumulativas en la adquisición de capacidades de solución de problemas y definen, invariablemente, una trayectoria tecnológica [33]. Un cambio de paradigma en determinado sector generalmente implica un cambio en la trayectoria junto con las diferentes bases del conocimiento que producen cambios en las dimensiones de la innovación. Y es durante un cambio de paradigma en determinado sector las empresas buscan mejorar y diversificar su tecnología procurando zonas que les permitan utilizar su base tecnológica de productos y procesos para construir nuevas competencias sobre esa misma base y acumular nuevas informaciones sobre sus mercados existentes. Si esas zonas pueden ser identificadas, medidas o explicadas también es posible prever los probables patrones de actividades innovadoras en las empresas, industrias y países [4]. Este proceso de construcción de competencias tecnológicas ha sido un tema de especial atención en la literatura sobre las empresas industriales en los últimos años [5] y se comprende como competencia tecnológica a los recursos necesarios para generar y administrar mejoras en inversiones, procesos y organización de la producción, productos y equipamientos. Esos recursos son acumulados e incorporados a individuos a través de experiencia, habilidades y conocimiento tácito y a los sistemas organizacionales.

Los recursos tecnológicos son entendidos como la capacidad de utilizar los conocimientos tecnológicos de forma eficiente para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes; y también como la capacidad de crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos. Es por ello por lo que la estructura económica actual de la ciudad de Rafaela incluye tanto una amplia producción industrial como una significativa producción agropecuaria, que de diversas maneras ha contribuido al desarrollo de actividades manufactureras. Actualmente, Rafaela constituye un polo de desarrollo industrial regional y es centro de la cuenca lechera más importante de Argentina y Sudamérica. La ciudad de Rafaela fue escenario de un vigoroso proceso de

industrialización debido a la instalación y desarrollo en su planta urbana de industrias transformadoras de materias primas regionales. Puede decirse que el proceso industrial en Rafaela ha seguido, en líneas generales el ritmo de proceso de industrialización operado en la economía argentina. Así mismo, Rafaela muestra una estructura industrial con variados sectores que la convierten en un área productiva poli sectorial, por lo que no resultó tan afectada ante las diversas crisis económicas y sociales que se sucedieron en el país. En base al último censo industrial de Rafaela los principales sectores industriales son las metalmeccánicas y alimenticias donde se representan más del 50% de las empresas de la ciudad, y ocupan el 74% de la mano de obra local [1]. El mismo ha permitido visualizar las fortalezas y debilidades de sus empresas, conocer su potencial e interpretar y valorizar su rumbo dentro del entramado productivo de la ciudad y su región. Por lo tanto, se ve entonces la necesidad de atacar un problema complejo de análisis de datos de la industria metalúrgica local. Este problema debe enfocarse por estratos, en diferentes aspectos, concibiéndose en un diagnóstico inicial para luego avanzar en la definición de métricas para determinar el estado de situación de las empresas del sector y finalmente la implementación de un servicio inteligente para la industrial de Rafaela y su región. En términos generales el interrogante principal del trabajo pasa por comprender el nivel actual de competencias y capacidades tecnológicas de las industrias metalúrgicas de la ciudad en base a un diagnóstico integral para comprender la dinámica social, económica, y de los negocios de las empresas del sector.

2. METODOLOGÍA.

A partir de la lectura de las distintas fuentes de información se destaca que las tecnologías que forman parte de la Industria 4.0 están definidas en la tabla I, donde se le indica en la encuesta a realizar que especifique si conoce la tecnología, y en caso de que la respuesta sea afirmativa, debe asignar un valor del 1 al 5 según la importancia actual, la importancia en 5 años y la importancia en 10 años, de acuerdo a 1 (nada importante), 2 (muy poco importante), 3 (poco importante), 4 (importante) y 5 (muy importante).

Tabla 1. Descripción de tecnologías requeridas para la Industria 4.0

Competencia		
Habilidad	Conoce (SI/NO)	Importancia Actual / 5 años / 10 años
Trabajo en equipo		
Pensamiento crítico		
Flexibilidad		
Autonomía		
Responsabilidad		
Resolución de problemas		
Liderazgo		
Compromiso		
Comunicación		
Ética profesional		
Inteligencia emocional		
Creatividad		
Innovación		
Modelo de Negocio		
Comprensión modelo de negocio		
Visión sistémica		
Tecnología		
Sensores e Internet de las Cosas		
Robótica Avanzada		
Impresión Aditiva / 3D		
Computación en la Nube		
Analítica de Grandes Datos		

Inteligencia Artificial		
Simulación		
Integración de Información ERP, CRM, SCM		

Las preguntas de la tabla 1 se harán a estudiantes universitarios, graduados, profesores, dueños de empresas y profesionales consultores de tecnologías en el mercado. Para determinar la visión de cada departamento para diferentes enfoques de la Industria 4.0 se fusionará con entrevistas personalizadas donde se plantearán dudas presentadas a profesores y empresarios si consideran que las carreras de ingeniería deben abarcar las competencias detectadas y comprender si estas tecnologías son realmente necesarias en el contexto actual.

3. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se propone la construcción de una herramienta cuestionario con el objetivo de detectar las problemáticas locales del entramado metalúrgico de la ciudad de Rafaela respecto a las competencias profesionales de un graduado universitario y las características tecnológicas de la industria 4.0 en el entramado metalúrgico de Rafaela.

La encuesta presentada se realizará en el momento que finalice la situación particular de la pandemia ya que debido a esta causa los diferentes actores no han podido contestar aún, y en función de lo poco que se ha podido relevar no se dispone de suficiente información para plantear cuáles serían las propuestas a realizar en este contexto. Es por ello que se prevé en un futuro presentar los resultados obtenidos en otro trabajo.

4. REFERENCIAS.

- [1] Rafaela, M. d. (2016). Censo Industrial Rafaela. Recuperado el 09 de 07 de 2019, de https://www.rafaela.gob.ar/nuevo/Files/Archivos/arc_93.pdf
- [2] (OCDE), O. f. (1997). Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. París: Segunda Edición.
- [3] Rafaela, M. d. (2012). Censo Industrial Rafaela. Recuperado el 09 de 07 de 2019, de <https://www.rafaela.gob.ar/GobiernoAbierto/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q&f=18&index=&txt=&i=2148&v=lista>
- [4] Ascúa Rubén (2007), Rafaela 125 años desorientando a Adam Smith. Evolución de su industria y comercio, Comisión de Industrias del Centro Comercial e Industrial de Rafaela.
- [5] Albuquerque F., Cluster, Territorio y desarrollo empresarial: diferentes modelos de organización productiva, BID/FOMIN, <http://www.iadb.org/mif/v2/fourthworkshoppipCR.htm>, visto por última vez mayo 2015
- [6] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ambiente (1998), Entorno Institucional y Desarrollo. La articulación y las interacciones entre instituciones de soporte técnico al desarrollo empresarial. El caso de Rafaela y su Región. Informe Final.
- [7] Batini, C., Capiello, C., Francalanci, C., & Maurino, A. (2009). Methodologies for data quality assessment and improvement. *ACM Comput. Surv.*, 41, 16:1–16:52
- [8] Fox, C., Levitin, A., & Redman, T. (1994). The notion of data and its quality dimensions. *Information Processing & Management*, 30, 9–19.
- [9] Madnick, S. E., Wang, R. Y., Lee, Y. W., & Zhu, H. (2009). Overview and framework for data and information quality research. *Journal of Data and Information Quality*, 1, 2:1–2:22.
- [10] Méndez Zuñiga, A. (25 de 09 de 2006). Investigación Educativa. Recuperado el 14 de 12 de 2016, de Necesidades formativas : Un estado de la cuestión: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2880941.pdf>
- [11] ACDICAR. (14 de 10 de 2016). Rafaela productiva 2020. Recuperado el 14 de 12 de 2016, de <http://rafaelaproductiva.com.ar/pagina/106/educacion-y-capital-humano>
- [12] CUR. (9 de 12 de 2010). CUR Consejo Universitario de Rafaela. Recuperado el 20 de 02 de 2017, de Consejo Universitario de Rafaela: <https://www.rafaela.gob.ar/nuevo/Seccion.aspx?s=44>
- [13] W. Wahlster, From Industry 1.0 to Industry 4.0: Towards the 4th Industrial Revolution, Forum Business meets Research, 2012.
- [14] Gawer, A., & Cusumano, M. A. (2013). Industry platforms and ecosystems innovation. *Journal of Product Management*, 31(3), 417–433.
- [15] J. Lee, Industry 4.0 in Big Data Environment. *German Harting Magazine* (2013) 8-10.

- [16] D. Luka, "The fourth ICT-based industrial revolution" Industry 4.0"??? HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8, in: 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), IEEE, 2015, pp. 835–838.
- [17] C. Baur, D. Wee, "Manufacturing's next act", McKinsey, 2015 June.
- [18] D. Georgakopoulos, P.P. Jayaraman, M. Fazio, M. Villari, R. Ranjan, "Internet of things and edge cloud computing roadmap for manufacturing", *IEEE Cloud Comput.* 3 (4) (2016) 66–73.
- [19] G. Kube, T. Rin, "Industry 4.0—the next revolution in the industrial sector", *ZKG Int.* 67 (11) (2014) 30–32.
- [20] H. Lasi, P. Fietke, H.G. Kemper, T. Feld, M. Hoffmann, "Industry 4.0", *Bus. Inf. Syst. Eng.* 6 (4) (2014) 239.
- [21] M. Lom, O. Pribyl, M. Svitek, "Industry 4.0 as a part of smart cities", in: *Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, 2016, IEEE, 2016, pp. 1–6.
- [22] L. Thames, D. Schaefer, "Software-defined cloud manufacturing for Industry 4.0", *Procedia CIRP* 52 (2016) 12–17.
- [23] V. Roblek, M. Meško, A. Krapež, "A complex view of Industry 4.0", *SAGE Open* 6 (2) (2016) 2158244016653987.
- [24] J. Posada, C. Toro, I. Barandiaran, D. Oyarzun, D. Stricker, R. de Amicis, I. Val-larino, "Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet", *IEEE Comput. Graphics Appl.* 35 (2) (2015) 26–40.
- [25] R.C. Becket, "Functional system maps as boundary objects in complex system development", *Int. J. Agile Syst. Manag.* 8 (1) (2015) 53–69.
- [26] Biahmou, J. Stjepandić, "Towards agile enterprise rights management in engineering collaboration", *Int. J. Agile Syst. Manag.* 9 (4) (2016) 302–325.
- [24] Y. Chen, "Industrial information integration—A literature review 2006–2015", *J. Ind. Inf. Integr.* 2 (2016) 30–64.
- [25] Bell, M. & Pavit, K. (1993) "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries". *Industrial and Corporate Change*. London, 2 (2): 157-211.
- [26] Kim, L. (1997) "The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors". *California Management Review*, 39 (3): 86-100.
- [27] Kim, L. (1999) *Learning and innovation in economic development*. Edward Elgar, Cheltenham.
- [28] Dutrénit, G. (2000) "Learning and knowledge management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capability". Edward Elgar, Cheltenham.
- [29] Dutrénit, G. (2004) "Building technological capabilities in latecomer firms: a review essay". *Science Technology Society*, v.9: 209-241.
- [30] Dosi, G. (1988a) "The nature of the innovative process". In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. & Soete, L. (org.) *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London, pp. 221-231.
- [31] Pavit, K. (2005) "Innovation processes". In: Fagerberg, J.; Mowery, D. C. & Nelson, R. R. (Orgs.). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, New York, pp. 86-14.
- [32] Guerrieri, P. & Melicani, V. (2005) "Technology and international competitiveness: the interdependence between manufacturing and producer services". *Structural Change and Economic Dynamics*, 16: 489-502.
- [33] Bell, M. & Giuliani, E. (2007) "Catching up in the global wine industry: innovation systems, cluster knowledge networks and firm-level capabilities in Italy and Chile". *International Journal of Technology and Globalisation*, 3: 197-223.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional por el soporte recibido para la realización del proyecto "Caracterización tecnológica de la industria metalúrgica de Rafaela y su aplicación en la formación profesional universitaria" (TOUTNRA0005376).

Experiencias en la práctica de una ingeniería más social.

Vilariño, Ramiro*; López Conde, María Eugenia

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Av. Paseo Colón 850, C1063ACV, C.A.B.A.
rvilarino@fi.uba.ar, mlopezconde@fi.uba.ar

RESUMEN

Desde los primeros alumnos terminando la asignatura de Trabajo Profesional en 1992 hasta hoy hemos visto cómo se ha ido ampliando el enfoque de los Trabajos Profesionales respecto al tipo de organizaciones abordadas, en sintonía con las distintas realidades que ha transitado nuestro país y el mundo y con los intereses propios que traen los jóvenes generación tras generación.

Si bien el plan de estudios de la carrera refiere que el perfil de le ingeniere industrial de la UBA "...habilita a optimizar y cambiar sus lógicas de acuerdo a las nuevas demandas sociales y ambientales...", en la práctica estamos formando un perfil con aptitudes para el desarrollo tecnológico y el sector privado. En la última década, la aparición en la agenda de la asignatura de proyectos desarrollados en el tercer sector, el ámbito público y el cooperativismo da cuenta de las limitaciones que tenemos para formar perfiles más heterogéneos de ingenieros con las habilidades para diseñar e intervenir en proyectos orientados al desarrollo sostenible y la resolución de problemáticas complejas que requieren un abordaje desde una cosmovisión, lenguaje y aptitudes específicas que demandan este tipo de proyectos.

En consideración de lo anterior, realizamos un proyecto de investigación para indagar si efectivamente los alumnos están preparados para abordar estos desafíos. Para ello, caracterizamos la formación del alumnado en distintos ámbitos de desarrollo del Trabajo Profesional a través de tres dimensiones de análisis: Herramientas utilizadas en sus proyectos, Comunicación con los interlocutores, e Impacto del proyecto final.

En efecto, las conclusiones del estudio ponen en evidencia la imperiosa necesidad de incorporar herramientas que consideren y permitan reflexionar acerca del impacto social y ambiental (y no sólo económico) de las decisiones que se toman en el ejercicio de la ingeniería; la falta de formación en ciencias sociales que nos adapten a mejorar la comunicación con los destinatarios de nuestros proyectos para poder transferir nuestros saberes con eficacia, y la necesidad de seguir revisando la práctica y enseñanza de la ingeniería industrial para acompañar mejor preparados las necesidades de nuestro entorno.

Palabras Claves: ingeniería industrial, social, ambiental, sustentable, educación.

ABSTRACT

From the first students finishing the final subject "Trabajo Profesional" of the career Industrial Engineering at the University of Buenos Aires in 1992 until today we have seen how the work's approach has been broadened about the type of organizations approached, in tune with the different realities that our country and the world have passed through and with the self-interests that young people have generation after generation.

Although the theoretical professional profile indicates that UBA industrial engineer "... enables them to optimize and change their logic according to new social and environmental demands ...", in practice we are forming a profile with aptitudes to technological development and the private sector. In the last decade, the appearance on the agenda of the subject of projects developed in the third sector, the public sphere and cooperativism shows the limitations we have to form more heterogeneous profiles of engineers with the skills to design and intervene in projects oriented to sustainable development and the resolution of complex problems that require an approach from a worldview, language and specific skills that these types of projects demand.

In consideration of the above, we carried out a research project to investigate whether students are effectively prepared to address these challenges. To do this, we characterize the training of students in different areas of development through three dimensions of analysis: Tools used in their projects, Communication with the interlocutors, and Impact of the final project.

In effect, the conclusions of the study show the urgent need to incorporate tools that consider and allow reflection on the social and environmental impact (and not only economic) of the decisions taken in the exercise of engineering; the lack of training in social sciences that adapt us to improve communication with the recipients of our projects in order to transfer our knowledge effectively, and the need to continue reviewing the practice and teaching of industrial engineering to better prepare the needs of our environment.

Keywords: industrial engineering, social, environmental, sustainability, education.

1. INTRODUCCIÓN

El campo de trabajo de la Ingeniería Industrial es indeterminable, aunque si tenemos la certeza que cada vez es más amplio, pues son más las organizaciones, sectores y actividades donde se pone en práctica la profesión. Esta realidad que nos alcanza encontrando colegas haciendo ingeniería en lugares antes impensados nos vuelve a interrogar acerca de la necesidad de prepararnos para esos nuevos campos de acción. ¿Por qué ocurre este fenómeno? Parte de eso ha buscado explicar el Ing. Ramiro Vilaríño en su ensayo “Ingeniería, revisión crítica al desarrollo de la disciplina y asomo de un nuevo horizonte en la práctica y enseñanza” en la edición 2019 del COINI [1].

Como se ha señalado en aquel documento, la forma y el peso relativo en que se combinan enseñanzas y prácticas en la ingeniería han ido variando con el transcurso del tiempo, principalmente en las cosmovisiones de las casas de estudio, siendo notable un marcado giro, a partir de la segunda mitad del siglo XX, hacia la enseñanza a través de la aplicación del método científico más “duro” [2]. En consecuencia la enseñanza de la ingeniería parece haber quedado prisionera de un discurso científico que impone a los ingenieros serias limitaciones para examinar los significados sociales de su actividad y los efectos reales de su trabajo, manteniéndonos alejados de una reflexión sobre su saber y poder. En consecuencia, proponíamos en aquel documento que, si bien la ingeniería trascendió la pregunta pragmática sobre el objeto (“know what”) y el entendimiento empírico de “cómo funciona” (“know how”), es tiempo de hacer frente a la pregunta contextual, que se interroga por los fines: “para qué y para quién funciona y cuáles son sus consecuencias” (“know what for”) [3].

Queriendo dar continuidad a aquellos aportes para la comunidad académica, les autores de este estudio nos propusimos trabajar en la respuesta de este interrogante desde nuestro ejercicio de la docencia. Somos colegas docentes en una de las últimas asignaturas de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UBA, en la que les alumnos próximos a graduarse realizan un Trabajo Profesional o Práctica Profesional Supervisada en algún proyecto elegido por ellos. El Trabajo Profesional intenta ser las veces de una consultoría aplicada de la profesión en el marco de un tutelaje personalizado. Entendemos que esta práctica, que en algunos casos se trata de los primeros pasos en el ejercicio profesional de los alumnos, es un buen reflejo de la diversidad de sectores y actividades que año a año van siendo protagonistas de los ámbitos de intervención de la Ingeniería.

En la última década la aparición incipiente en la agenda de la asignatura de proyectos orientados al Tercer Sector (organizaciones de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales y fundaciones), el ámbito público y organizaciones públicas, como así también proyectos de la economía popular y solidaria (cooperativas y empresas sociales) fue disruptiva. La participación de los proyectos en estos ámbitos fue creciendo y presentando nuevos desafíos para el alumnado y la docencia.

Asimismo, a mediados de 2019 se entabló un diálogo entre la cátedra que representamos y el Ministerio de Desarrollo de la Nación, dada la necesidad de Ingeniería Industrial para mejorar situaciones muy concretas en economías populares donde el Ministerio interviene. Este diálogo permitió que la cátedra ofreciera a los alumnos temas y organizaciones concretas donde realizar su Trabajo Profesional. Eso dio pie a varios proyectos de Trabajo Profesional, la mayoría actualmente en curso que empiezan a dar cuenta de que las oportunidades de desarrollo de prácticas profesionales en ese tipo de organizaciones que antes eran eventuales, toman un protagonismo mayor cuando se agiliza el contacto. Sumando a lo anterior y en forma totalmente independiente, la Universidad es consciente de esta demanda y en la Resolución 520/2010 del Consejo Superior, la UBA crea el programa de Prácticas Sociales Educativas que se constituye como una de las maneras a través de las cuales la universidad hace realidad su función social, poniendo al servicio de la sociedad los saberes que produce y enseña, permitiendo fomentar la colaboración entre la universidad y la comunidad.

Y ante todo este escenario nos preguntamos ¿Estamos bien preparados en la carrera para intervenir en donde nuestra realidad profesional nos requiere? ¿Hay sectores claramente identificados donde sea cada vez mayor la demanda de ingenieros industriales? ¿Tenemos todas las herramientas y saberes necesarios para esas nuevas demandas o debemos buscarlos por fuera de lo aprendido? Es lógico pensar que siempre deberemos aprender un poco más, pero en este estudio buscamos identificar un poco mejor estas nuevas demandas y si hay alguna correlación entre las herramientas, aptitudes y saberes necesarios para abordarlas en nuestra formación universitaria.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es indagar y analizar las experiencias de los alumnos que hicieron su trabajo profesional de Ingeniería Industrial con cooperativas, OSC/ONG, emprendimientos, empresas y organismos públicos.

3. ALCANCE

El estudio está centrado en la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Comprende la clasificación de todos los trabajos profesionales

terminados a partir de 1991 y hasta 2019: 2500 trabajos realizados por más de 3800 alumnos. Por la posibilidad de contacto a través de mails, para atender los objetivos enunciados respecto a las experiencias en la realización de sus trabajos, el relevamiento alcanzó a 1182 trabajos profesionales desarrollados por 1781 alumnos entre 2009 y 2019. El estudio permite la caracterización de las experiencias de las formaciones y define una serie de recomendaciones de hacia dónde podría orientarse la educación contemplando dichas caracterizaciones.

4. METODOLOGÍA

La investigación combina métodos cualitativos y cuantitativos. La aproximación cualitativa contribuye con la interpretación de los resultados del abordaje cuantitativo.

4.1. Consideraciones básicas

Metodológicamente, en un trabajo de investigación, se denota a la población como un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Es el grupo al que se intenta generalizar los resultados del estudio. [4]

Por la imposibilidad de alcanzar el total de la población, en nuestro estudio realizaremos un muestreo que nos permita encontrar estimaciones estadísticas confiables para poder generalizar y obtener conclusiones válidas.

4.2. Disposición de la información y decisiones metodológicas

4.2.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis es “cada alumno que cursó la asignatura Trabajo Profesional”. En este sentido, el perfil de la población corresponde al de alumnos que hayan finalizado la asignatura, siendo por lo general, Trabajo Profesional la última asignatura de la carrera, sirviendo asimismo como corolario de la formación para la aplicación de las distintas herramientas y aptitudes desarrolladas a lo largo de la formación académica.

4.2.2 Marco muestral: base de datos

Según la información aportada por los datos compilados por las autoridades de la asignatura, contamos con la base histórica de trabajos realizados desde el inicio de la asignatura incluida en el Plan de Estudios 1986. Se analizó la base de datos histórica de Trabajos Profesionales terminados desde el año 1991 hasta el 2019 clasificándolos según el tipo de organización.

Del análisis de la información de la base de datos surgen las siguientes conclusiones:

- El promedio de los últimos años es de 106 trabajos por año.
- Es notorio cómo la mayoría de los trabajos siguen siendo en Multinacionales, empresas grandes y PyMEs.
- La participación en PyMEs aumenta en desmedro principalmente de los trabajos finales realizados en multinacionales y empresas grandes.
- Los emprendimientos se observan en crecimiento posterior a la crisis del 2001.
- Los trabajos en ONGs / OSCs y Economías Populares aparecen en el 2006 y en los últimos tres años tenemos entre 4 y 5% de este tipo de proyectos.

Esto tiene una fuerte correlación con la aparición en la agenda pública de una numerosa cantidad de esfuerzos para la consolidación de emprendedores por un lado, y de cooperativas y organizaciones de la sociedad civil, por el otro, como instrumentos de incorporación al mercado laboral de trabajadores de la economía informal y atención de la creciente masa desempleada.

Durante la década de los noventa comenzaron a realizarse algunas conceptualizaciones teóricas que buscaban dar cuenta del crecimiento de este sector, tomando como base los marcos analíticos de la heterogeneidad estructural y de la economía social. El primero de ellos hace referencia a que en la estructura productiva de los países periféricos coexisten más sectores económicos con diferentes niveles de productividad con relación a la media internacional, centrandolo en el análisis en los sectores de menores niveles de productividad [5]. Con relación a la economía social, se pone el eje en la existencia de experiencias económico-productivas en las que no prima la lógica de acumulación típicamente capitalista y que excluyen las relaciones asalariadas en su interior (cooperativas, mutuales y sociedades de apoyo mutuo, en su versión tradicional) [6]. De la síntesis de estos aportes teóricos surge la noción de *Economía Popular*, que recupera aspectos de ambas corrientes de pensamiento.

Desde este punto de vista, los aspectos centrales de las experiencias que componen la *Economía Popular* consisten en que son actividades de subsistencia de muy baja escala y productividad; realizadas en forma autogestiva -con medios de producción propios que son explotados de forma directa, sin mediar una relación asalariada-; y son actividades trabajo-intensivas, en las que las máquinas y herramientas que se utilizan son obsoletas o de baja complejidad. Otras características que suelen acompañar a este tipo de experiencias es que tiende a primar una lógica de reproducción social en lugar de una racionalidad empresarial y que la decisión de integrar este sector responde a

la imposibilidad de acceder al mercado laboral por lo que, por lo general, no es una elección voluntaria de los trabajadores.

A su vez, este sector está atravesado por importantes carencias, que pueden condensarse en la falta de derechos y de reconocimiento institucional. Con relación a los derechos, es un sector sumamente precarizado, las actividades se realizan en lugares no acondicionados, con jornadas de trabajo extensas, bajos ingresos, sin vacaciones, aguinaldo, obra social, ni seguro de accidentes. Por otro lado, con relación a la institucionalidad, es un sector que presenta elevadas tasas de informalidad, dado que la gran mayoría de las actividades en el marco de la Economía Popular no se encuentran registradas. De acuerdo a la estimación realizada por el Observatorio de Coyuntura Económica y Política Pública, en el 2do trimestre de 2019 el 21,4% de la Población Económicamente Activa (PEA) trabajaba en una actividad de la Economía Popular, lo que proyectado a la población urbana total asciende a 4,2 millones de personas.

Lo anteriormente indicado es probablemente un indicio de cómo los campos de ocupación de la ingeniería van a ir apropiándose de estos espacios que se caracterizan por una carencia de perfiles técnicos. En efecto, el trabajo profesional como expresión de una práctica profesional aplicada, da cuenta del crecimiento de este espacio. Las vinculaciones con el Ministerio de Desarrollo y otras posteriores, elevan la participación de proyectos de ingeniería en ONGs / OSCs, cooperativismo y el ámbito público al 10% del total de proyectos finales.

Retomando el análisis de la base de datos, un dato que resultó trascendental para poder efectuar el presente proyecto de investigación, y que determinó definitivamente la base muestral, es la disponibilidad de algún mail de contacto para poder contactarnos con el alumnado.

En función de lo anterior, la disponibilidad de dicha información recién entró en vigencia de manera extendida en 2009. Motivo por el cual finalmente nuestra población objeto de estudio quedó determinada por los alumnos que hayan finalizado la asignatura entre los años 2009 y 2020. El universo poblacional lo constituyen en consecuencia los 1.781 alumnos que realizaron la práctica profesional en dicha década.

4.2.3 Diseño muestral

Recordemos que el objetivo del presente estudio es realizar una caracterización y comparación de las distintas experiencias de los alumnos. En tal sentido, dado que la realización de Trabajos Profesionales en cooperativas, OSC/ ONG y/o el ámbito público implica el desarrollo de proyectos desde una perspectiva centrada en las personas y sus problemas, se espera que existan diferencias significativas con los trabajos realizados en PyMEs y Multinacionales en términos de las herramientas que se implementan, en las dificultades y estrategias de comunicación que se desarrollan con referentes / contactos del proyecto y respecto al ejercicio de reflexión respecto al alcance del proyecto y las implicancias de la ingeniería. Entonces, en función de nuestro objetivo de trabajo abordaremos estas experiencias a través de un muestreo estratificado, tomando como estratos los ámbitos de aplicación del Trabajo Profesional antes mencionadas.

4.2.4 Determinación de la muestra

El tamaño de muestra debe permitir declarar si las formaciones de los alumnos que hicieron trabajos en distintos ámbitos difiere de manera estadísticamente significativa.

En consideración del diseño muestral indicado arriba, para definir el tamaño muestral se utilizó el método del Muestreo Aleatorio Estratificado con Asignación Óptima (90% de Confianza y 3% de Error). [5]

Para este nivel de confianza y error definido obtuvimos el tamaño muestral por estrato (Tabla 1):

Tabla 1 Tamaño de población y muestral por tipo de organización entre 2009 y 2019

Tipo de organización	Tamaño población	Tamaño muestral
Cooperativas / Economía Popular	21	6
Emprendimientos	375	111
Estado / Organizaciones públicas	35	10
Multinacional / Empresas Grandes	586	173
OSC / ONG	15	4
PyMEs	749	221
Suma total	1781	525

4.2.5 Instrumento de recolección de datos

Para realizar la encuesta a los ex alumnos definimos una herramienta de encuesta anónima a través de Google Form la cual contó con 5 secciones diferentes.

Sección 1: Introducción, nos permitió clasificar por género, plan de estudios, año de finalización del proyecto y tipo de organización. Esta última variable nos permitió validar si cumplíamos con el tamaño muestral mínimo para el nivel de confianza y error definido.

Sección 2: Herramientas, esta sección estuvo focalizada en consultar qué asignaturas obligatorias o las electivas aplicaron, qué herramientas en particular y la dificultad encontrada para aplicarlas en el proyecto final. Así mismo, qué otras herramientas debieron utilizar que no hubieran sido aprendidas y en donde tuvieron que buscarlas.

Sección 3: Comunicación, con unas primeras consultas acerca de cómo llegaron a la organización y cómo fueron recibidos por la misma. También si tuvieron dificultades con la comunicación y a qué se debieron esas dificultades.

Sección 4: Impacto del proyecto, se busca entender si el alumno está satisfecho con el trabajo y el impacto sobre su formación. También si considera que fue de impacto para la organización y para el medio ambiente. Por último, si impactó a los referentes del proyecto, a la sociedad alrededor del mismo y cómo.

Sección 5: Reflexiones finales, cómo cierre, se consulta sobre las reflexiones acerca de la formación actual de Ingeniería Industrial en la UBA, la mirada de género y la perspectiva de derecho. Para finalizar, si el alumno considera algunas modificaciones a la formación actual.

5. RESULTADO

5.1. Distribución de proyectos

La encuesta finalmente fue contestada por 571 alumnos, garantizando la representatividad en todos los estratos planteados.

5.2. Herramientas y asignaturas

Se le consultó al alumnado qué asignaturas obligatorias fueron utilizadas (o su contenido consultado) para el proyecto.

Del análisis de la información se destaca que la mayor parte de las consultas se concentran en 5 asignaturas: al menos 7 de cada 10 alumnos han consultado “Gestión de costos” o “Ingeniería Económica A” y 8 de cada 10 alumnos han consultado “Organización industrial I, II o III”. Asimismo, cabe destacar que existe una mayor proporción de consultas en otras asignaturas del alumnado que realizó el trabajo en Cooperativas, OSC y Estado que el resto de los alumnos que realizaron proyectos en otros ámbitos.

Indagando respecto a estas disparidades, se observa que en todas las asignaturas -exceptuando “Introducción a la Ingeniería Industrial”, “Probabilidad o Métodos matemáticos y numérico”, “Automatización Industrial y Robótica”- se ve reflejado una mayor consulta de alumnos que realizaron proyectos en OSC/ONG, Cooperativas y/o Estado que aquellos alumnos que lo hicieron en Multinacionales o PyMEs. Particularmente en las asignaturas de “Higiene y Seguridad Industrial”, “Gestión Ambiental”, “Edificios Industriales” e “Ingeniería Legal para Ingeniería Industrial” se observa una disparidad mayor entre los estratos mencionados. En efecto esto responde a que el alumnado busca en estas asignaturas herramientas para abordar las problemáticas habituales que presentan el Tercer Sector, el cooperativismo y el ámbito público: como hemos señalado anteriormente, problemas relacionados a la infraestructura, a las condiciones informales e inseguras de trabajo y al impacto ambiental asociado al proyecto.

También se les consultó respecto a las asignaturas optativas aplicadas (o su contenido consultada). Al respecto, cabe señalar que 4 de cada 10 alumnos que desarrollan el trabajo en las OSC, Cooperativas y Estado no encuentran herramientas en las asignaturas optativas para realizar su trabajo. En contraste, es significativamente mayor la cantidad de alumnos que desarrollando trabajos en Multinacionales o PyMEs, 8 de cada 10 alumnos, utilizan al menos 1 asignatura optativa. Esto responde a la falta de oferta académica específica y que adecúe a estos espacios de trabajo. En efecto, a la consulta respecto al grado de dificultad que encontraron en la aplicación de las herramientas adquiridas en la carrera, se observa una mayor expresión de dificultad en los proyectos realizados en OSC/ONG, el 40% de los alumnos encuentran dificultades altas o muy altas, siguiendo Cooperativas, donde el 19% encuentra las mismas dificultades. En contraste, sólo un 10% encuentra estas dificultades en la aplicación en el ámbito de PyMEs, mientras que el 4% de las experiencias en Multinacionales encuentra dificultades altas o muy altas.

Ahondando en las razones que dan cuenta de estas dificultades, en primera instancia el alumnado señala en términos generales dificultades en el acceso a la información. En las Multinacionales particularmente están referidas a puertas que se cierran por “*conflictos de confidencialidad*”, mientras que en PyMEs las dificultades son más específicas de este ámbito que indican: “... *muchas veces la empresa no la tiene y hay hacer un trabajo previo*”. Por parte de los alumnos trabajando en OSC y Cooperativas las limitaciones en el acceso a la información están correlacionadas con los vínculos y condiciones del entorno del proyecto. Algunas expresiones mencionadas que reflejan lo anterior fueron: “*La cooperativa no estaba pasando una buena situación económica*”.

En segunda instancia, existe una gran cantidad de expresiones de dificultades que tiene que ver con las complicaciones en la aplicación de herramientas durante el ejercicio profesional. Dificultades que en las experiencias del alumnado que realiza trabajo con Multinacionales, PyMEs y emprendimientos se expresan como falta de ejercitación a lo largo de la carrera. Esto, sin embargo, en los alumnos que realizan el trabajo en Cooperativas y Tercer sector se expone como un déficit de conceptos y teoría aplicados a esas organizaciones.

Lo anterior queda sobreentendido en la consulta de la necesidad de aprender nuevas herramientas. De hecho 9 de cada 10 alumnos trabajando en el Tercer Sector tienen que aprender nuevas herramientas, la mitad de los alumnos que realizan el trabajo en Cooperativas, ámbito público y emprendimientos también requieren aprender nuevas herramientas. Estas fracciones son considerablemente menores para los alumnos que realizan trabajos en Multinacionales o PyMEs.

Para intentar dilucidar las necesidades de aprendizajes teórico-prácticos de los alumnos, se les consultó respecto a qué tipo de herramientas han requerido aprender. En tal sentido han manifestado quienes realizaron el trabajo en Multinacionales y PyMEs tener una mayor necesidad de aprender herramientas de gestión. En este punto cabe mencionar que son herramientas enunciadas y estudiadas a lo largo de la currícula que en apariencia no han sido apropiadas por el alumnado: VSM, AMFE, MRP, Six Sigma y Medición de tiempos entre las más mencionadas. En este mismo estrato el alumnado manifiesta tener una necesidad de adquirir aptitudes de herramientas informáticas de gestión (Excel, Powerpoint, SAP entre las más enunciadas) y de programación y simulación (Python, Xcelsius, regresiones no lineales y softwares de simulación). Por el contrario, el alumnado que realiza el trabajo en Cooperativas, Tercer Sector y el ámbito público tiene mayores preocupaciones por aprender herramientas sociales de gestión y evaluación de los proyectos e instrumentos de recolección de datos. Algunas experiencias reflejan la necesidad de incorporar nuevos conceptos: *“Más que una herramienta nueva, tuvimos que aprender conceptos nuevos de la Economía Social y Solidaria que no se ven en la facultad”, “Autogestión cooperativa. Prioridades que no siempre son la ganancia. Rol del Estado”* o *“Metodologías cualitativas, etnografía, encuestas, psicología social, organización popular, medios de producción popular, etc”*. Las menciones referidas a las herramientas, casi en su totalidad, se concentran en instrumentos de *“Evaluación social de los proyectos. Tasa de descuento social. Beneficio Social Neto. Toma de decisión participativa. Grupos Focales”*. Asimismo las mayores demandas del alumnado emprendedor están referidas a ampliar aptitudes para la programación y la simulación, como así también a las herramientas específicas de modelación de negocios para emprendedores (Canvas y Lean Start up).

Estas herramientas en mayor medida son adquiridas por fuente bibliográfica o virtualmente a través de medios digitales. De hecho, se indagó en las estrategias que emplea el alumnado para alcanzar estos nuevos aprendizajes, resultando Internet, Youtube o La Nube el mayor medio para aprender estas herramientas en los proyectos de emprendedores y realizados en Multinacionales o PyMEs. Mientras que la mayor fuente de aprendizaje del alumnado que realiza el trabajo en OSC, Cooperativas o el ámbito público se da a través de enseñanzas de los mismos contactos / referentes del proyecto.

Resulta interesante también resaltar el contraste con las experiencias de los distintos alumnos que buscaron consultas con profesionales/docentes de las carreras de las ingenierías: el 52% del alumnado emprendedor y el 42% del alumnado que realiza trabajos en PyMEs y Multinacionales encuentra referencias en algún docente o profesional de la ingeniería, mientras que el 37% del alumnado que realiza el trabajo en Cooperativas y Tercer Sector lo resuelve por esta vía. Esto da cuenta de la falta de profesionales dentro de la Facultad a quien consultar estas temáticas.

5.3. Comunicación

El acceso al trabajo es un puente muy interesante para entender las especificidades de las formaciones que transitan los alumnos en la realización del trabajo. En tanto a los trabajos realizados en Multinacionales / Empresas Grandes, 8 de cada 10 alumnos llegan a la formulación del proyecto de trabajo profesional por su espacio de trabajo. Quienes realizan el trabajo profesional en las PyMEs el acceso se da particularmente por dos motivos: el pedido / favor de un familiar o por referencia de un tercero. Con los emprendimientos -como era de esperar- se observa que el acceso principal es la voluntad del alumnado de emprender, motivado por una oportunidad o inspirado en un modelo de negocios parecido. Esto viene familiarizado con los consecuentes esfuerzos del alumnado para encontrar información que valide el proyecto. Por su parte, el alumnado que realiza el trabajo en el tercer sector, la mayoría accede a la formulación del proyecto por trabajar voluntariamente en la OSC / ONG. En estos ámbitos, así como también en el ámbito público y sobre todo en las cooperativas hay una clara motivación por el impacto en la dimensión social: *“Le queríamos devolver algo a la sociedad”...“motivación social de ayudar en un espacio que lo necesitaba”* son algunas de las expresiones que expusieron. También es menester señalar que una fracción significativa del alumnado que trabaja con Cooperativas manifiesta que el acceso al trabajo se dio por referencias de terceros/as -en la mayoría de los casos en referencia a los docentes que acercamos estos proyectos- y/o por el trabajo propuesto por la cátedra de Trabajo Profesional. Esto

da cuenta de que, si bien hay un interés del alumnado de realizar trabajos en estas unidades productivas, en la práctica hay enormes dificultades para tender un puente entre cooperativas -economía popular- y la ingeniería (aunque podría ampliarse a las carreras técnicas) y el ámbito universitario.

Claro está que estos medios para llegar a la formulación del proyecto resultan en distintas formas de vinculación con la contraparte. En efecto, esta vocación del alumnado que realiza el trabajo profesional por motivación o interés propio en el ámbito del tercer sector, el cooperativismo y el público se corresponde también con una mejor voluntad de trabajo de la contraparte: la totalidad del alumnado que puso sus conocimientos a disposición de las OSC/ONG ha manifestado tener una relación con buen diálogo, interesados en el proyecto y agradecidos con la participación. Más del 85% de los alumnos que trabajan en el ámbito público y/o cooperativas también manifiestan ser bien recibidos y tener un buen trato. Estos porcentajes son menores en las experiencias de formaciones en el sector productivo de las grandes empresas y las PyMEs. En efecto, cerca del 20% de los alumnos manifiestan tener un trato indiferente en tanto la contraparte pasa información pero no se interesa por el proyecto. Dato curioso también representa la existencia de alumnos que manifiestan no tener contraparte. Esto da cuenta de la existencia de experiencias en las cuales existe una falta de apropiación de los aportes por parte de la contraparte.

De hecho esto se verifica en las experiencias validando el proyecto con la contraparte. A la consulta de si el alumnado realiza validaciones de los avances del proyecto con los referentes y/o contactos del proyecto, 9 de cada 10 alumnos que realizaron el trabajo en cooperativas u OSC/ONG valida el proyecto con la contraparte. Mientras que entre 3 y 4 de cada 10 alumnos lo hace con la contraparte de las multinacionales y el 6 de cada 10 alumnos lo valida en las PyMEs.

Se indagó si en estas experiencias de validación hubieron problemas en la comunicación. Se verifica que las experiencias de los alumnos que realizan trabajos en PyMEs, Empresas grandes y OSC/ONG no encuentran, en la mayoría de los casos se desarrolla sin dificultades en la comunicación. En cambio, la mayoría de las experiencias de los alumnos que realizan trabajos en cooperativas encuentran dificultades comunicándose con los referentes.

En todos los casos, el alumnado que indica tener dificultades en la comunicación con la contraparte expresa que principalmente se debe a la demora en las respuestas. Ahora bien, en las experiencias del alumnado realizando el trabajo en PyMEs y Multinacionales, estas demoras principalmente se debe a un desinterés de la contraparte por el trabajo que se realiza. También aparecen en las Multinacionales algunas referencias a conflictos de confidencialidad. En contraste, las experiencias con las contrapartes de los proyectos realizados en OSC, cooperativas o ámbito público, dan cuenta de que las demoras en las respuestas son consecuencia de la desconfianza que tiene la contraparte o la incomprensión respecto a lo que se solicita, requiere o propone.

Evidentemente estas especificidades en la comunicación con este tipo de contrapartes quedan plasmadas en las formaciones del alumnado. Los alumnos que han recibido un trato indiferente de la contraparte en PyMEs mencionan *“Nos respondieron muy poco. Siempre que quisimos corroborar datos o evaluar el avance del proyecto nos dijeron que estaban muy ocupados”*. Estas experiencias responden a una característica que es, por lo general, típica de las PyMEs: los contactos / referentes de la contraparte están desbordados de actividades. Aunque también la ausencia de respuesta oculta una falta de apropiación del trabajo desarrollado: *“difícil encontrar la disponibilidad del tiempo para que te lo dediquen”, “...al profundizar en el trabajo no quisieron brindar información más detallada y específica para que podamos avanzar. Hubo que negociar y buscar otros contactos para conseguir la información”*. En efecto, cuando la contraparte entiende que no existe un aporte que pueda capitalizar, el desarrollo del trabajo por parte del alumnado empieza a perder correlación con la realidad: *“La gente está muy inmersa en su trabajo y, salvo que uno se acerque con un proyecto que realmente le llame la atención, van a continuar con sus mismos métodos, errores y forma de trabajo”*; otro alumno señala *“Que cuando no dará rédito real a la empresa es difícil lograr un compromiso total por parte de ésta”*. En consecuencia, el alumnado sigue avanzando en un trabajo profesional más teórico que práctico, más académico que aplicado. Lo curioso en tal caso es que no existan de ambas partes intenciones de rediseñar el trabajo, hecho que termina siendo contraproducente con los objetivos de la asignatura que intenta hacer las veces de una “consultoría aplicada” donde la retroalimentación con el sector productivo sea un vector de aprendizaje aplicado. Esto asimismo, es uno de los causales que explica -lo enunciado más arriba- por qué existen tan pocas experiencias de validación en el sector productivo con Multinacionales, a pesar de tener una buena comunicación.

Sin embargo, estos aprendizajes, en la aplicación del trabajo profesional en cooperativas y OSC/ONG, parecen apropiarse tempranamente, tal como manifiestan los alumnos *“la importancia de la comunicación permanente”* son fundamentales para mantener una comunicación fructífera para el desarrollo del trabajo. Asimismo, esta comunicación resulta en la mayor comprensión de las necesidades e intereses de la contrapartes, de sus realidades, de otras formas de gobernanza y de abordar las problemáticas / oportunidades de estos sectores: *“al hacerlo en una cooperativa, pudimos aprender cómo es el manejo de las mismas y las necesidades que tienen, algo muy distinto en las empresas más grandes en donde tuve la posibilidad de trabajar”*.

5.4. Reflexiones críticas sobre la ingeniería y la formación

Se le consultó al alumnado en qué medida de satisfacción se encuentra con el producto alcanzado. En tal sentido se observa que los mayores niveles de satisfacción los encuentran los alumnos que desarrollan su trabajo en el ámbito público y los emprendedores.

Por otra parte, al menos 7 de cada 10 alumnos que realizan el trabajo en Cooperativas y OSC/ONG están satisfechos/as o muy satisfechos/as. Se evidencian niveles de satisfacción promedio menores en los alumnos que hicieron el trabajo en empresas Multinacionales y PyMEs que en el resto de las experiencias.

Las razones que dan cuenta de estas discrepancias entre experiencias pueden explicarse a través de los impactos alcanzados por los trabajos profesionales a nivel formativo. En tal sentido al menos 1 de cada 3 alumnos que realizó el trabajo profesional en PyMEs o Multinacionales indican creer que el trabajo profesional no incide en sus formaciones. Por el contrario, 1 de cada 10 alumnos que realiza el trabajo en cooperativas indica lo mismo, mientras que la totalidad del alumnado en OSC/ONG destaca haber tenido alguna incidencia en la formación.

Sin embargo, lo que es de interés para el estudio, es concentrarnos en los casos en que el trabajo profesional fue una instancia de formación, en indagar sobre el desarrollo de aptitudes y cambios en la vida profesional, con el fin de visibilizar cuáles fueron estos aprendizajes. En esa línea, la mayoría de los alumnos que trabajaron en cooperativas y OSC, y que indicaron haber incorporado algún aprendizaje, valoran haber desarrollado una reflexión respecto a las prácticas de la ingeniería, una concepción distinta de la ingeniería y una mirada más comprometida con la sociedad. Por parte de las experiencias del alumnado que realizan el trabajo en PyMEs y Multinacionales se concentran principalmente en el desarrollo de aptitudes personales para encarar el ámbito laboral. Por último, los alumnos que hicieron el trabajo en emprendimientos, además de señalar los mismos aprendizajes que el alumnado en PyMEs y Multinacionales, señalan también haber desarrollado una actitud proactiva y cuentapropista.

Respecto a un posible impacto del proyecto en la rentabilidad de la empresa / organización, cabe señalar que una mayoría del alumnado que hizo del trabajo profesional un emprendimiento señaló que la pregunta no aplicaba. Esto quiere decir que la mayoría de los trabajos profesionales orientados a emprendimientos no han llegado a la instancia de implementación. Por parte de las experiencias en el tercer sector y el ámbito público, también se observa respuesta “no aplica”. Esto es coherente con la perspectiva de inversión pública o de las OSC/ONG, que justamente no tiene como objeto la búsqueda de un rendimiento económico. Por su parte, los alumnos que realizaron el trabajo en Multinacionales y Pymes, poco más de la mitad cree o piensa podría haber impactado en la rentabilidad de la empresa. Curiosamente, si bien el objetivo principal -en este tipo de proyectos- es el desarrollo de una propuesta que resulte en un impacto económico, el alto porcentaje de alumnos que señala no tener el impacto esperado podría deberse a la falta de apropiación del desarrollo del trabajo por parte de la contraparte identificada anteriormente. Resultan, en consecuencia, en trabajos que pierden cierta correlación con la realidad. Curiosamente, resulta mayor la fracción de alumnos que hicieron su trabajo en cooperativas que señalan haber o creer haber impactado positivamente en la rentabilidad de la organización. 7 de cada 10 alumnos cree haber alcanzado ese objetivo. Esto tiene su correlato con el esfuerzo del alumnado por lograr una mejora en las cooperativas, cualquiera sea su dimensión.

Asimismo se le consultó al alumnado si tuvo en cuenta el impacto (positivo o negativo) en el medioambiente. Las experiencias del alumnado dan cuenta de que el 74% de los proyectos realizados en PyMEs y Multinacionales no tiene en cuenta el medio ambiente. Estos porcentajes son alarmantes en términos de la poca importancia que tiene esta dimensión en los trabajos profesionales. En contraste con lo anterior, sólo 3 de cada 10 alumnos que realiza el trabajo en OSC, Cooperativas y Estado no contempla esta dimensión.

Asimismo, para entender qué nivel de importancia tiene esta dimensión en el trabajo, a los que indicaron que puede haber impactado en el medioambiente se le consultó cómo cree haberlo hecho. En tal sentido, los que han señalado un impacto positivo en el proyecto, en sus experiencias en el desarrollo del trabajo profesional en PyMEs y Multinacionales indican en mayor medida el impacto ha sido positivo como efecto de la reducción o reutilización de scrap / residuos industriales. En menor medida hay un impacto medioambiental por la reducción de gastos energéticos o transformación por energías más limpias. Por el contrario, los trabajos efectuados en OSC, cooperativas y/o Estado señalan que el corazón del proyecto está vinculado a un impacto ambiental. En las experiencias realizadas en el ámbito público, hay dos grandes vertientes de desarrollo de trabajos que dan lugar al proyecto: los proyectos de desarrollo de energías renovables (entre ellas la movilidad eléctrica) y los proyectos de gestión de residuos. En tanto a las experiencias en cooperativas, el corazón del proyecto obedece por lo general, a la gestión de RSU / Productos o procesos de fabricación con materiales reciclables. Esto tiene su razón de ser en tanto existen dos grandes ramas de trabajos profesionales en cooperativas: las cooperativas de recuperadores urbanos y las cooperativas recuperadas. La primera tiene un impacto ambiental vinculado al

desarrollo del trabajo, de modo que por defecto entra una evaluación ambiental en el listado de herramientas a emplear.

Por otra parte cabe señalar que parte del alumnado que cree haber impactado en el medioambiente, incluye dentro de los impactos las cuestiones referidas a la Higiene y Seguridad del espacio. Siendo mayores las preocupaciones por esta dimensión por parte del alumnado que hace su trabajo en OSC, cooperativas y Estado, con respecto a las experiencias en Multinacionales y PyMEs.

Por último, sólo una pequeña fracción de alumnos cree haber impactado negativamente en el medioambiente.

También se le ha consultado al alumnado si cree haber impactado en las personas, referentes o contactos del proyecto, es decir, en la contraparte. En respuesta a lo anterior, cabe señalar que 9 de cada 10 experiencias del alumnado que realiza proyectos en cooperativas da cuenta de una influencia o cree influir en la contraparte. Estas experiencias son de 8 de cada 10 para el tercer sector y de 7 de cada 10 para el ámbito público. Por parte de las experiencias del alumnado trabajando en PyMEs, este porcentaje disminuye al 65% y al 45% en Multinacionales.

Las experiencias positivas del sector productivo indican que la influencia permitió a la contraparte mostrarse o aprender del proyecto. Por parte del sector cooperativo, el impacto positivo se refiere sobre todo en la vinculación con otros actores o el aporte de un perfil técnico en el espacio.

También se le consultó al alumnado si cree haber impactado en la sociedad. Una vez más los resultados son significativamente distintos entre las experiencias realizadas en PyMEs y Multinacionales con respecto al resto de los ámbitos. En el primero de los casos, las experiencias del alumnado dan cuenta que casi en el 60% de los casos no cree haber influido (positiva o negativamente) en la sociedad. Es decir, estos proyectos no tienen en consideración los impactos en términos sociales.

Algunas de las experiencias del alumnado realizando trabajos en Multinacionales o PyMEs que cree haber influido en la sociedad, lo indican a través de un efecto indirecto del objetivo alcanzado en el proyecto, sin quedar claro cuáles fueron esos efectos. En otros casos se observa que han contemplado el impacto en la sociedad, entendiéndolo como sociedad al personal de la empresa. Por el contrario, en todos las experiencias de los alumnos que realizan proyectos en OSC creen haber influido en la sociedad. Por parte de las experiencias del alumnado en Cooperativas y el ámbito público, sólo un 16% de los casos cree no influir en la sociedad.

Por parte de las las experiencias del alumnado realizando trabajos en Cooperativas, hay impactos sociales referidos a la seguridad del entorno del proyecto. En tanto a las experiencias de alumnos en OSC/ONG, se observa que el impacto social es parte del objeto de desarrollo del trabajo profesional. Las experiencias en el ámbito público, sobre todo en el aporte a las políticas públicas, en su mayoría también responden a esta lógica. Las que se distancian del objetivo principal y señalan un impacto social como efecto indirecto del desarrollo del trabajo, son aquellas experiencias, por lo general, aplicadas en organizaciones públicas.

Otros de los indicadores que dan cuenta de estas limitaciones en el ejercicio profesional de la ingeniería, y que asimismo resulta en un aprendizaje distinto entre las experiencias del alumnado que realiza proyectos en OSC, cooperativas y el ámbito público con respecto a aquellas experiencias en el sector productivo de Multinacionales y PyMEs, es la creencia respecto a la necesidad de incluir una perspectiva de derecho y de género en la formación de la ingeniería.

En tal sentido, en relación a una formación con perspectiva de derechos, se observa que la mitad del alumnado que realiza el proyecto OSC/ONG no cree haber recibido una formación de derechos. El 38% del alumnado con experiencias en la economía popular considera no haber recibido formación de este tipo. Mientras que la mención de haber recibido al menos una formación con perspectiva son mayores para los proyectos realizados en multinacionales, organismos públicos y PyMEs.

Indagando aún más en esta reflexión sobre la ingeniería, y la necesidad de pensar la formación en términos de garantizar derechos, se le consultó al alumnado si, a pesar de haber o no haber recibido una formación con perspectiva de derechos, cree necesario incluirla en la currícula. Las respuestas dan cuenta que el 100% y el 90% del alumnado que hace el trabajo en OSC/ONG y cooperativas respectivamente desea la transversalización de esta perspectiva en la formación de la ingeniería. Estos porcentajes, si bien son menores, también reflejan una voluntad mayoritaria del alumnado por incluir una perspectiva de derechos en la carrera. Sin embargo, la propuesta parece quedar marginada a la voluntad de incluirlo como una asignatura opcional o focalizada en derechos de propiedad privada.

¿Por qué se observan estas diferencias? La formación en la ingeniería está traccionada desde un lugar de demanda del mercado laboral. Es decir, la formación en general está pensada para ser funcional a los intereses del sector productivo. En pocas instancias de la formación -o incluso en ninguna- se propone la ingeniería como un instrumento para mejorar la calidad de vida de las personas. [7]

Lo indicado anteriormente queda plasmado en las respuestas del alumnado respecto al perfil del ingeniere industrial que forma la FIUBA: la totalidad del alumnado independientemente del espacio donde haya realizado el trabajo respondió análogamente. El 98,25% del alumnado indica que el

perfil del ingeniere industrial puede trabajar en Empresas Multinacionales y Grandes Empresas. Mientras que el 93,62% del alumnado cree que el perfil del ingeniere también puede trabajar en PyMEs. El 74% cree que puede trabajar en el ámbito público, sin encontrar diferencias significativas en las creencias de cada estrato. El 70% del alumnado cree que el ingeniere podría trabajar en la formación académica. Finalmente el 60% del alumnado cree que puede trabajar en Tercer Sector y Cooperativismo.

Lo relevante en este caso es que independientemente de las experiencias que haya tenido el alumnado, las percepciones respecto al perfil que forma la FIUBA son las mismas. Es decir, quienes realizaron el trabajo profesional en el ámbito público, tercer sector y cooperativismo, a pesar de haber tenido experiencias satisfactorias, como hemos visto anteriormente, indican que también creen que el perfil del ingeniero está pensado en mayor medida para el ámbito de las multinacionales, las grandes empresas y las PyMEs. Y esto es una prueba cabal que no estamos formando ingenieros abocándose a estos espacios.

Justamente también en las respuestas del alumnado quedan expresadas las diferentes intenciones respecto a la voluntad de qué hacer con los saberes, aptitudes y aprendizajes que han desarrollado. La respuesta con mayor frecuencia tanto en las experiencias del alumnado que realizó el trabajo profesional en PyMEs y Multinacionales (47 de cada 100 alumnos) y Emprendimientos (56 de cada 100 alumnos) señalan que el rol de ingeniere es encontrar soluciones a problemas u oportunidades, agregar valor o alcanzar una mejora continua. Y en segunda instancia la ingeniería está para mejorar la competitividad, aumentar la rentabilidad, disminuir costos u optimizar procesos y recursos. Por el contrario, las respuestas de mayor frecuencia en el alumnado que realizó el trabajo profesional en OSC, cooperativas y el ámbito público (51 de cada 100 alumnos) señalan que el propósito de la ingeniería es mejorar la calidad de vida de las personas y/o alcanzar aportes para la sociedad.

6. CONCLUSIONES

A lo largo del estudio hemos identificado aportes significativos que nos aproximan a un mejor entendimiento de cómo son las experiencias del alumnado en su formación académica. En tal sentido, el aporte probablemente más interesante está relacionado al descubrimiento de una incipiente demanda del ejercicio de la ingeniería en ámbitos de trabajo novedosos para la carrera: el tercer sector, el ámbito público y el cooperativismo.

En estos ámbitos, se pudo visibilizar que los proyectos tienen el valor agregado que apuntan al triple impacto. De hecho, una parte creciente del alumnado manifiesta una clara motivación por desarrollar proyectos que contemplen un impacto en las dimensiones sociales y ambientales: *“motivación social de ayudar en un espacio que lo necesitaba”*. Y en respuesta a este espíritu de trabajo en proyectos sociales -que por lo general se caracterizan por una carencia de perfiles técnicos- se corresponde también una mayor voluntad de trabajo de la contraparte.

Esto resulta en proyectos que tienen mayores instancias de validación, lo que se ajusta mejor al propósito del trabajo profesional de una práctica profesional supervisada. Como se pudo evidenciar cuando la contraparte no considera útil el proyecto, el trabajo del alumno se vuelve netamente teórico y menos conectado de la realidad solo con el fin de aprobar la asignatura.

Ahora bien, las validaciones se constituyen como instancias de ejercicio de la comunicación entre partes, desarrollando aptitudes comunicacionales que son factores clave de éxito para el desarrollo profesional. Estas aptitudes parecen ponerse en ejercicio tempranamente en la aplicación del trabajo profesional en cooperativas y OSC/ONG.

Sin embargo, el estudio visibiliza también que la mayoría de las experiencias de los alumnos que realizan trabajos en cooperativas encuentran mayores dificultades comunicándose con los referentes que aquellos alumnos que realizan el trabajo profesional en Multinacionales y Pymes. Estas dificultades en el campo de las OSC, cooperativas o el ámbito público obedecen a una falta de respuesta, que es consecuencia de la desconfianza en el alumnado, pero sobre todo de la incomprensión de la contraparte respecto a lo que se solicita, requiere o propone. Está claro que existen diferencias significativas en la interacción con un referente de una cooperativa que en la interacción con el gerente de una multinacional. Por lo general, existen y manejan representaciones sociales compartidas entre el alumnado y los gerentes que resultan en un lenguaje de comprensión mutua. Caso contrario, cuando el alumnado “cae” en la economía popular y el tercer sector con su lenguaje técnico y académico se activan modelos mentales que estimulan una desconfianza recíproca y resultan en dificultades para la comprensión de las manifestaciones de ambas partes. Estas desigualdades quedan plasmadas en las dificultades de comprensión en la comunicación. Es menester en consecuencia ofrecer una oferta académica que fortalezca las aptitudes de comunicación del alumnado de manera general. Y asimismo, habilitar una oferta curricular que abarque temas tales como la cultura popular desde una mirada antropológica y sociológica de la cultura, el cooperativismo como espacio de autoorganización con dinámicas organizaciones horizontales y con toma de decisiones colaborativas.

Pero sobre todo, es menester formar al alumnado que trabajará en estos espacios en el entendimiento del problema de la exclusión social y los efectos en las representaciones sociales. Para ello, es necesario incorporar en la carrera una perspectiva de derechos, dotar a la ingeniería

de contenido respecto al alcance, a sus obligaciones y al impacto que tiene en la sociedad. Esta demanda representa un desafío para la actualización del plan de estudios y requiere asimismo una revisión crítica y minuciosa de la carrera a los efectos de no desalentar estas formaciones. Como hemos visto -tomando el trabajo profesional como un reflejo del ejercicio de la profesión- existen ciertas dificultades en la práctica de la ingeniería industrial en estos espacios. Dificultades que se expresan en un doble sentido: por un lado, en la aplicación de herramientas, aprendizajes a lo largo de su formación en la carrera, que no se ajustan adecuadamente a las necesidades de estos ámbitos; y por el otro en la ausencia de herramientas específicas de este tipo de proyectos para afrontar los diversos desafíos que se presentan

En el primer sentido, a pesar del mayor esfuerzo del alumnado por dar sustento al trabajo profesional en estos espacios, consultando en mayor medida asignaturas obligatorias, se visibiliza una mayor dificultad en la aplicación de las herramientas con respecto a los otros espacios.

En el segundo sentido las experiencias reflejan una escasez de herramientas para realizar la práctica profesional. Esta escasez se entiende como un déficit de asignaturas optativas y de referentes académicos en la Facultad a quien consultar, siendo, por lo general, la contraparte y los profesionales de las Ciencias Sociales quienes resuelven estas demandas. En el mismo sentido, también se señala que principalmente el medio para encontrar nuevas herramientas y aprendizajes es la nube, internet o los canales de Youtube y similares. Esto es de suma importancia para entender y, sobre todo, incluir estas herramientas como las nuevas dinámicas de enseñanzas y aprendizajes en el plan de estudios.

Del estudio surge la oportunidad concreta de reforzar el contenido relacionado con ONG/OSC, Cooperativas y Estado en todas aquellas asignaturas que sí han sido consultadas por el alumnado cómo Ingeniería Ambiental, Edificios Industriales, Ingeniería Legal y otros espacios donde la currícula tenga injerencia. También ante la falta de asignaturas electivas que apalanquen ese tipo de proyecto, es que debería diseñarse una, tal vez en el formato de seminario para darle la posibilidad a los alumnos con la inquietud en proyectos sociales de adquirir herramientas ad hoc. Eso mismo se observa cómo necesario para aquellos alumnos con intención de realizar un emprendimiento que hoy no tienen una oferta dentro de la currícula obligatoria ni electiva.

Es menester visibilizar a los docentes expertos en la materia, formalizando grupos de trabajo e investigación, para tener una fuente de interconsulta para los proyectos internos y de extensión universitaria que surjan en OSC/ONG, Cooperativas y Estado y la generación de nuevos conocimientos en este nuevo enfoque de nuestro ejercicio profesional. La articulación de las Prácticas Sociales Educativas debería apoyarse en estos grupos experimentados.

Y dado que ha quedado claro que la demanda de proyectos en OSC / ONG y Cooperativas aumenta cuando se facilita el vínculo con las mismas, es indispensable mejorar el contacto a través de convenios entre la Facultad y estos sectores que agilicen el ida y vuelta de saberes.

En síntesis, el estudio deja un aporte interesante en la clasificación de estos seis tipos de organizaciones que requerirían identificar nuevas ofertas dentro de la carrera para formaciones específicas. Pues, como señala el alumnado, y que validan años de experiencia en el ejercicio de la docencia, la carrera de ingenieros industriales en la Facultad de Ingeniería está dirigida a la formación de profesionales para desarrollar funciones en las empresas grandes, multinacionales y/o PyMEs. Será menester en consecuencia revisar el plan de estudios para acompañar el desarrollo de estas voluntades que quieren prestar funciones en espacios distintos y que viene creciendo fuertemente en los últimos años. Un alumno sintetiza lo señalado: *“La economía popular [y el tercer sector] no tiene incorporado estas herramientas en sus dinámicas y estructuras, por lo tanto la implementación dista mucho de la realidad y su verdadera aplicación. Deberían desarrollarse desde la FIUBA o bien nuevas herramientas o nuevas metodologías de aplicación que comprendan la dimensión de este sector no empresarial.”* La ingeniería debería *“Brindar soluciones que mejoren la relación entre la calidad de vida y el medio ambiente, dar respuesta al trilema medio ambiente, economía y sociedad e impulsar la sostenibilidad de manera amplia y abarcativa a todo aspecto relacionado al entorno en el cual está inmerso el humano”*.

6. REFERENCIAS.

- [1] Vilariño, Ramiro. (2019). Ingeniería, revisión crítica al desarrollo de la disciplina y asomo de un nuevo horizonte en la práctica y enseñanza. COINI 2019. Buenos Aires, Argentina.
- [2] FERGUSON, (1999) “Engineering and the Mind s Eye”, MIT Press.
- [3] LUCENA, J. (2003). “Flexible Engineers: History, challenges, and opportunities for engineering education.” Bulletin of Science, Technology, and Society, 23(6): 419–435.
- [4] Cantoni Rabolini. N. (2009), Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. Revista argentina de Humanidades y Ciencias Sociales.
- [5] Nun, J (1999). El futuro del empleo y la tesis de la masa marginal. Desarrollo económico.
- [6] Quijano (1970) Polo Marginal y mano de obra marginal. Santiago de Chile. CEPAL

- [7] BELIERA, Norberto (1999), “La ingeniería argentina y su relación con la historia del país”, Diario HOY, Año VI n°1902, Editorial, martes 16 de marzo de 1999.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a nuestras familias y colegas docentes que como ex alumnos de la asignatura colaboraron en el estudio y fueron positivamente críticos en nuestra propuesta de estudio. También y especialmente a todos los ex alumnos que participaron del estudio dejando testimonios muy valiosos que nos permitieron cerrar este trabajo.

Una experiencia de enseñanza-aprendizaje virtual: El chat como vehículo para el aprendizaje de competencias profesionales

Santille, Luciana Soledad; Artigas, María Velia; Onaine, Adolfo Eduardo y Sánchez, Romina

*Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302, 7600, Mar del Plata.
lusantille@gmail.com*

RESUMEN

El presente trabajo se sitúa en el marco de una asignatura de grado, denominada Administración de Recursos Humanos. En la misma se desarrollan competencias laborales en estudiantes de 4° y 5° año de las carreras de ingeniería industrial, mecánica, eléctrica, electromecánica y electrónica, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Ante la imposibilidad de poner en funcionamiento los habituales dispositivos de *role playing* con que se emulan las situaciones profesionales en contextos organizacionales, surge la propuesta de realizar una práctica virtual: un juego grupal con los estudiantes y los miembros de la cátedra, con una metodología precisa y reglas de funcionamiento. Una vez realizado el juego, se socializan los resultados, los cuales han sido por demás positivos; haciéndose evidente no solamente la adquisición de competencias como la comunicación, sino poniendo en juego la creatividad y superación en la cadena de respuestas. Este trabajo contempla dos momentos: en el primero se muestra la experiencia del juego virtual con las apreciaciones del grupo y en el segundo momento se revela su vivencia en relación al proceso de enseñanza-aprendizaje con modalidad virtual a través de una encuesta (ver Anexo). En suma, se quiere evaluar el impacto inmediato en este grupo de estudiantes de atravesar la Pandemia generada por COVID-19, pensando que lo experimentado pudiera ser revalorizado como una oportunidad de adquirir competencias para su futuro profesional.

Palabras Claves: competencias, aprendizaje virtual, modelo de enseñanza-aprendizaje, impacto, ingenierías.

ABSTRACT

This work is situated within the framework of a degree course, called Human Resources Administration. In it, job skills are developed in 4th and 5th year students of industrial, mechanical, electrical, electromechanical and electronic engineering careers. Faced with the impossibility of putting into operation the usual role-playing devices with which professional situations are emulated in organizational contexts, the proposal arises of carrying out a virtual practice: a group game with the students and the members of the chair, with a precise methodology and operating rules. Once the game is played, the results are socialized, which have been positive; becoming evident not only the acquisition of skills such as communication, but also putting creativity and improvement in the chain of responses at stake. This work contemplates two moments: the first shows the experience of the virtual game with the group's appreciations and the second moment reveals its experience in relation to the teaching-learning process with virtual modality through a survey. In short, we want to evaluate the immediate impact on this group of students of going through the Pandemic generated by COVID-19, thinking that what they experienced could be revalued as an opportunity to acquire skills for their professional future.

Keywords: competences, virtual learning, teaching-learning model, impact, engineering.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan dos resultados complementarios: por un lado, la experiencia recogida a través de una intervención pedagógica de un juego virtual sobre el tema de entrevistas laborales, y por el otro, una encuesta que recoge datos cuali y cuantitativos sobre la experiencia de aprender en la Asignatura de Administración de Recursos Humanos a través de un formato totalmente virtual por el ASPyO por pandemia de COVID-19.

Por lo tanto, en base a estos dos momentos diferentes, se analizan los resultados para dar cuenta de cuestiones relativas al aprendizaje de los estudiantes y su percepción en la adquisición de competencias laborales en tiempos de pandemia.

2. MARCO TEÓRICO

Este trabajo se escribe en base a dos modelos teóricos considerados diversos y complementarios a la vez, dado que la complejidad del tema implica que se analicen cuestiones relativas al aprendizaje de los estudiantes y su percepción en la adquisición de competencias laborales en tiempos de pandemia. Es decir, se quiere evaluar el impacto inmediato en este grupo de estudiantes de atravesar la Pandemia generada por COVID-19, pensando que lo experimentado pudiera ser revalorizado como una oportunidad de adquirir competencias para su futuro profesional.

Se desarrollan a continuación aportes de especialistas en el tema, en cuanto a la educación en virtualidad y competencias en formación universitaria:

2.1. Diferenciación entre educación a distancia y educación remota.

En el caso de la Educación Virtual (o a Distancia): no hay horario prefijado, algunos autores señalan que una hora del profesor implica tres horas de trabajo independiente del alumno. La conectividad no tiene un impacto tan fuerte, lo cual se podría decir que es más relajada y permitiría labores asincrónicas [1].

En el caso de la Educación Remota: generalmente se coincide con el horario de clases presenciales. La relación en este caso, sería una o dos horas del profesor implica una hora de trabajo independiente del estudiante. Para este tipo de modalidad se requiere de espacios de conexión firmes, con rigidez horaria.

El término educación a distancia tecnológica según Barberá y Badía [2], puede ser adecuado para agrupar una cantidad muy grande de propuestas formativas virtuales, cuyo común denominador es que el medio dentro del que, o mediante el que, se desarrollan los procesos formativos no es un aula presencial, sino virtual. Un aula virtual se crea con medios tecnológicos e informáticos y se abastece de diferentes tecnologías de la información para proporcionar los contenidos al estudiante, y también diferentes tecnologías de la comunicación para ofrecer medios de comunicación a los miembros del aula.

Es importante también destacar que están emergiendo otras combinaciones posibles, por ejemplo: el denominado “aprendizaje combinado” (*blended learning*). De este modo en las aulas presenciales de educación superior, se utiliza la combinación de estrategias didácticas presenciales con otras del aula virtual.

Barberá y Badía [2], luego de investigar cuáles han sido los diferentes enfoques de los análisis entre educación presencial y virtual proponen que las características más relevantes que han puesto en evidencia estos estudios con relación al proceso de aprendizaje en aulas virtuales son:

- Una organización menos definida del espacio y el tiempo educativos.
- Un uso más amplio e intensivo de las TIC.
- Una planificación y organización del aprendizaje más guiados en sus aspectos globales.
- Unos contenidos de aprendizaje apoyados con mayor base tecnológica.
- Una forma telemática de llevar a cabo la interacción social.
- Un desarrollo de las actividades de aprendizaje más centrado en el alumnado.

Castañeda [3] en lugar de definiciones establece algunas de sus características distintivas:

- Separación espacial y temporal entre el profesor y estudiante.
- Formación mediada y, por tanto, apoyada en diferentes tecnologías que condicionan y matizan la relación que el profesor y el estudiante establecen con los contenidos.
- Comunicación mediada entre el profesor y el estudiante.
- Posibilidad que la comunicación sea sincrónica (teléfono, chat, videoconferencia...) o asincrónica (foros, listas de distribución, correo electrónico, cartas...).
- Por lo general, los alumnos son de más edad que los del sistema presencial.
- Existencia de una institución que organice la estructura educativa y la certificación académica. Fuerte apoyo en una estructura organizativa.
- Incorporación, en la acción educativa, de diferentes personas que garanticen su calidad: profesores, alumnos, técnicos de producción de materiales, distribuidores de materiales.

- El estudiante a distancia necesita un sistema de información, comunicación y apoyo más complejo que el estudiante de la formación presencial.
- Formación fuertemente tutorizada.
- Y comunicación bidireccional, multicódigo y multipersonal. Bidireccional en el sentido que suele darse de ida y vuelta entre los participantes; multicódigo, ya que se utilizan diferentes tipos de ellos, desde los verbales a los impresos, visuales y audiovisuales; y multipersonal, porque se establece entre diferentes personas: profesor, alumnos, técnicos, distribuidores de materiales, evaluadores.

Kearsley [4] señala la existencia de cuatro factores importantes en la determinación de una docencia virtual efectiva: a) la experiencia en el uso de los medios informáticos, que influye en el desarrollo de habilidades instrumentales y específicas necesarias para la docencia; b) el grado de familiaridad que se tenga con la enseñanza virtual; c) la flexibilidad desarrollada en el proceso docente, y d) la práctica en la dinámica participativa y de facilitación del aprendizaje.

También se observa que factores como la pericia didáctica y metodológica del profesor en contextos virtuales, en estrecha relación con el desarrollo de los contenidos disciplinares, se han añadido a la larga agenda del profesor al que se le presupone un conocimiento del medio tecnológico que, en muchos casos, no va más allá de los requerimientos comunicativos mínimos. Autores como Lowther, citado en Barberá [2], utilizan el término de “competencia tecnológica” para describir “la comprensión y la habilidad de conocer dónde y cómo crear una cultura de clase en la cual se utilicen los ordenadores por parte de los profesores y alumnos en una dirección productiva que dé resultados sociales y cognitivos positivos”.

2.2. Competencias

Existen diversas definiciones del término competencias desde distintos enfoques. En Argentina el Consejo Federal de Decanos (CONFEDI) ha cumplido un papel clave en el estudio y desarrollo de una base conceptual sobre la formación por competencias. El CONFEDI [5] expone que: es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.

Haciendo una pequeña historización, desde sus comienzos en el año 1613, la educación universitaria argentina, ha recorrido un largo camino de continua evolución. Actualmente, y siguiendo con este recorrido, algunas carreras se encuentran rediseñando sus planes de estudio basándose en la formación por competencias. Entre las carreras que están atravesando este proceso se incluyen las carreras de ingeniería.

Entre los primeros precedentes sobre la formación por competencias en las carreras de ingeniería se encuentra el llamado Libro Celeste que planteaba la Formación por Competencias como un objetivo para la formación de ingenieros. Muchas de las ideas y conceptos que se plasmaron en dicho documento tuvieron que esperar 12 años para ser nuevamente puestas en el escenario, como bien lo refleja el documento de Oro Verde de CONFEDI, de mayo de 2017 [6].

En 2018, en la 63ª Reunión y Asamblea Plenaria del CONFEDI, realizada en la ciudad de Rosario se aprobó el documento “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”, conocido como el Libro Rojo. Esta propuesta incorpora un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias, tanto genéricas de egreso del ingeniero (argentino e iberoamericano), como específicas de cada terminal. Este enfoque, sumado a algunos aspectos claves en cuanto a las condiciones generales y curriculares en este sentido, contribuirá a una mejora de la efectividad en el proceso de formación, y de los indicadores de retención, duración real y graduación del sistema. Cabe señalar que esta propuesta se realiza conforme lo establecido en la Resolución 989/2018 del Ministerio de Educación “Documento marco sobre la formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado” y tomando como referencia las Actividades Reservadas Profesionales aprobadas por el mismo Ministerio mediante la Resolución 1254/18 [6].

En el año 2020, se espera que los Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina se conviertan en resolución ministerial, dado que ha sufrido aprobaciones parciales [7]. En el caso de la unidad académica en la cual se desarrolla el presente trabajo, la FI-UNMdP se ha mantenido activa en esta transición. A través de su representante en CONFEDI, asistiendo a capacitaciones y diseñando un plan de acción que incluye la capacitación interna y la reelaboración por parte de cada terminal de ingeniería de los planes de estudio basado en formación por competencias.

En cuestiones conceptuales, se podría pensar que los siguientes aportes son fundamentales y esclarecedores:

- Klemp/Aguilar Joyas en Roegiers [8]: Considerar las competencias como características del individuo relacionadas con el desempeño superior.

- De Ketele en Roegiers [8]: Conjunto ordenado de capacidades (actividades) que son ejercidas sobre contenidos en una categoría dada de situaciones para resolver problemas que se presentan.
- Perrenoud [9]: Capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos, pero no se reduce a ellos. Para enfrentar una situación de la mejor manera posible, generalmente se debe hacer uso y asociar varios recursos cognitivos complementarios, entre los cuales se encuentran los conocimientos.
- Tuning [10]: Las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de los valores éticos
- Roegiers [8]: Posibilidad, para un individuo, de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con miras a resolver una familia de situaciones-problemas.
- Tobón [11]: Son procesos complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad.

En resumen, el concepto de competencia está enfatizado en las capacidades y/o habilidades, conocimientos, destrezas, saber, hacer y saber hacer del ser humano que le permiten desempeñarse en el entorno donde se encuentre y de esta manera desenvolverse ante cualquier eventualidad o adversidad de los contextos [6].

Kowalski, Erck y Henríquez [7] postulan que, en relación a la diferenciación de términos, hay que considerar que las aparentes inconsistencias radican en modelos educativos sustantivamente diferentes. Por tanto, es conveniente estar alertas para no quedar atrapados y terminar sosteniendo, por ejemplo, que Educación Basada en Competencias es sinónimo de Educación Basada en Resultados. Sin embargo, los autores acuerdan que las competencias aluden a integración de saberes, conductas – acciones y actitudes.

La formación por competencias implica que el aprendizaje debe ser centrado en el estudiante (ACE) y que el profesor es el guía o “facilitador” ya que, desde su conocimiento y experticia, tanto de su rol docente como de la disciplina de que se trate, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento [12].

3. METODOLOGÍA

Este trabajo contempla dos momentos: en el primero se muestra la experiencia del juego virtual con las apreciaciones del grupo y en el segundo momento se revela su vivencia en relación al proceso de enseñanza-aprendizaje con modalidad virtual a través de una encuesta.

3.1. Experiencia de juego virtual

En el primer cuatrimestre de 2020 de la asignatura ARH, con contexto de ASPyO y con cursada virtual, se realiza una actividad práctica sobre el tema “Entrevista” considerada por la asignatura como “una propuesta innovadora y divertida para incluir el cuerpo en el aprendizaje sobre entrevistas”.

El objetivo de esta práctica es aplicar los conceptos teóricos relacionados al tema “Entrevista” a través de una actividad. Con esta tarea se busca entrenar competencias vinculadas al rol de entrevistador y al rol de entrevistado tales como creatividad, trabajo grupal y comunicación oral. Para llevar a cabo el trabajo propuesto se realiza un juego donde se utiliza la herramienta “Whatsap”, con esto se busca que tanto alumnos como docentes puedan acercarse a través de la virtualidad.

3.1.1. Consigna del juego

Para realizar la actividad debe respetarse la siguiente consigna:

- 1- Situarse en un contexto de entrevista laboral.
- 2- Contestar una pregunta realizada por un compañero (rol de entrevistado).
- 3- Formular una pregunta dirigida a un compañero (rol entrevistador).

3.1.2. Reglas del juego

Para realizar la actividad deben respetarse las siguientes reglas:

- Todos los participantes deben responder y formular una pregunta en contexto de entrevista laboral. Quien comienza el juego será el primero en preguntar y el último en responder. Uno de los docentes del grupo inicia el juego.
- No se pueden repetir las preguntas ni las respuestas.
- Las preguntas deben estar dirigidas a un participante al azar (listado de estudiantes disponible).
- El vídeo debe durar como máximo 30 segundos. Se debe subir al grupo formado para dicha actividad indicando por escrito a quién está dirigida la pregunta.

- Hay 1 semana para realizar la actividad. Quien no haya realizado la tarea para ese entonces queda fuera de juego. Tener en cuenta que cada participante depende de otro para realizar la tarea, ya que la respuesta de cada uno depende de quién formula la pregunta.

- Quien formule la mejor pregunta y/o la mejor respuesta gana el juego. Se aprecian: creatividad, pertinencia con el tema, respeto de consigna y reglas.

Una vez finalizado el juego se realiza un video general con todas las respuestas y preguntas y se realiza una devolución general sobre los resultados de la actividad.

3.1.3. Dinámica del juego

La dinámica de trabajo implica que los estudiantes en primer lugar envíen un mensaje de WhatsApp al teléfono de un docente indicando nombre y apellido, para a partir de ello crear un grupo que se disuelve luego de realizada la actividad.

Una vez creado el grupo, las docentes inician el juego a modo de ejemplo.

El juego consiste en que cada uno haga un video respetando la consigna y las reglas del juego, en donde responda una pregunta específica de entrevista laboral y también formule una pregunta en el mismo sentido dirigida a otro participante.

Todos los participantes deben ir siguiendo el hilo del juego y estar atentos por si les toca su turno. Se valora la pertinencia de la respuesta y la originalidad de la pregunta, así como también se tienen en cuenta otros elementos como la flexibilidad para asumir dos roles diferentes en un mismo momento audiovisual.

3.1.4. Resultados

Los resultados de la experiencia superaron las expectativas y fueron realmente satisfactorios. El juego se realiza sin dificultades y los estudiantes aplican herramientas sobre la temática. También utilizan técnicas creativas en cuanto a vestuario, ponerse en situación y contextualizar el video.

Se dificulta la elección de un solo ganador por el buen desempeño general y el alto grado de participación, por lo cual se seleccionan entonces tres ganadores.

Como resultado se genera un video de aproximadamente 30 minutos de duración donde se exponen todas las intervenciones. Se podría decir que, por los mismos dichos del grupo de estudiantes y docentes, se destaca que la experiencia supera los contenidos del tópico generando un aprendizaje significativo y colaborativo,

3.2. Encuesta

La realización de la encuesta tiene como objetivo evaluar el impacto inmediato en este grupo de estudiantes sobre su vivencia del proceso de aprendizaje al atravesar la Pandemia generada por COVID-19, pensando que lo experimentado pudiera ser revalorizado como una oportunidad de adquirir competencias para su futuro profesional. La misma se realiza mediante la herramienta de formularios de *Google Form*. Es autoadministrada, anónima, y releva datos mixtos, dado que tiene una doble naturaleza cuali y cuantitativa. Tratándose de preguntas con respuestas abiertas o con opciones múltiples, con las cuales se procede en un momento posterior a un análisis por categorías y del contenido discursivo.

3.2.1. Resultados

Se encuestaron los 43 alumnos que cursaron en el primer cuatrimestre Administración de Recursos Humanos-ARH de los cuales obtuvieron voluntariamente 22 respuestas, es decir, más del 51%. Su edad promedio resulta de 22,26 años y el 86,4% está cursando cuarto año de la carrera. Los restantes se reparten en un 4,5% en quinto año y en un 9,1% en sexto.

En relación al aprendizaje las tres competencias que consideran haber desarrollado en primer lugar son: aprendizaje autónomo (72,2%), trabajo en equipo (68,2%), administración del tiempo (68,2%) como se muestra en la Figura 1.

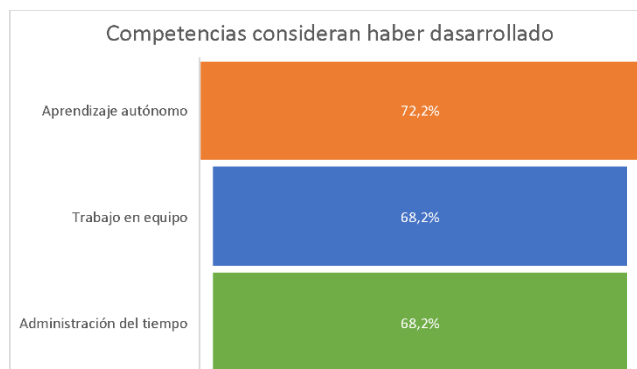


Figura 1 Competencias que los alumnos consideran haber desarrollado

Las tres competencias son de las más requeridas para el desempeño laboral como futuros ingenieros, si bien el resultado es considerado positivo habría que pensar en el modo en el que este proceso de “autonomía” se desarrolló, puesto que si fue impuesto por el contexto de emergencia tal vez en un futuro las posibilidades de generar acciones de aprendizaje autónomo podrían no ser tan firmes. En el caso del “trabajo en equipo” si bien han sido equipos virtuales, se puede pensar que es una competencia que ya se venía trabajando y el trabajo cooperativo fue bien recibido por el grupo. Con respecto a la “administración del tiempo”, es sabido que la virtualidad conlleva a generar espacios de autocontrol que posibiliten un orden para el cumplimiento de los objetivos sino no es posible el seguir el proceso a distancia.

En cuanto a considerar si disponía de los medios para realizar la cursada virtual el 90,9% contestó por la afirmativa. El 9,1% restante indicó como principales dificultades la mala conexión a internet y no tener un lugar privado para estudiar a pesar de contar con PC propia (ver Figura 2).

La planificación docente y la flexibilidad se debe desplegar para el trabajo con un cronograma que tenga en cuenta estas dificultades que pueden obstaculizar el vínculo de enseñanza-aprendizaje.

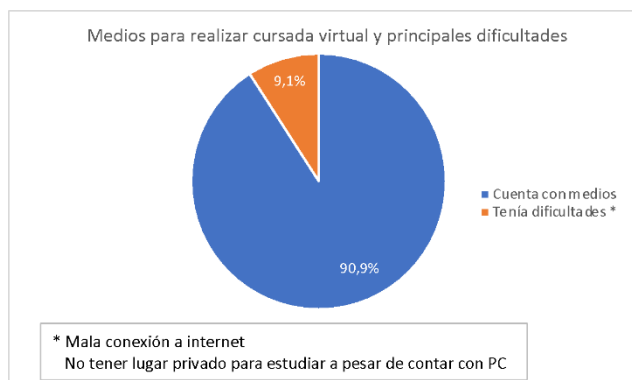


Figura 2 Medios para realizar cursada virtual

Al consultarle sobre su percepción acerca de la preparación de los docentes para una educación por competencias un 4,5% indicó “experto”, un 50% “competente” y el 45,5% restante “principiante”. Respecto al entrenamiento propio como estudiantes para una educación virtual las cifras indicaron “competente” un 45,5%, “principiante” un 50% y “experto” el 4,5% restante (ver Figura 3).

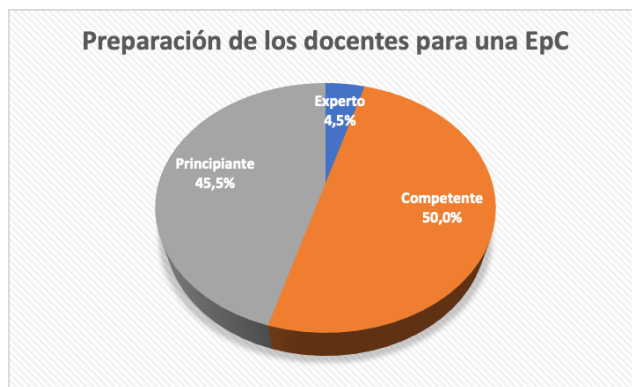


Figura 3 Preparación de los docentes para una Enseñanza por Competencias

Respecto a la percepción sobre su desempeño promedio como estudiante contrastado con su desempeño actual, considera que las competencias que ha desarrollado estudiando virtualmente se destacan tres por su repetitividad, a saber: gestión de emociones/paciencia considerada como “muy importante”, gestión del tiempo/flexibilidad como “importante” y trabajo en equipo, también “importante”. Como resultado, el “trabajo en equipo” y “la gestión del tiempo” aparecen como variables autopercebidas por los estudiantes en varias preguntas, lo cual ratifica este resultado de las respuestas dadas. Por otra parte, que puedan ser conscientes que han desarrollado “la gestión de sus emociones” e “incrementado su paciencia”, denota gran capacidad para continuar estudiando en contextos de la Pandemia por COVID-19 y seguramente de otras turbulencias posibles en su futuro profesional.

Al consultar sobre la experiencia como estudiante en educación virtual un 81,8% indica que no tuvo experiencia alguna y un 18,2% algo. Referente a su experiencia en la virtualidad como estudiante en la FI un 72,7% indica bajo y un 27,3% medio, no existiendo respuesta respecto al calificativo alto (ver Figura 4).



Figura 4 Experiencia como estudiante en Educación Virtual

Cuando se consulta respecto a la asignatura en particular los aspectos más destacados de la experiencia pueden reflejarse en las siguientes expresiones en orden de importancia: gran compromiso de la cátedra (comprensión, predisposición, paciencia y preocupación hacia los estudiantes), buen manejo de la virtualidad y buenas docentes. En cuanto a los aspectos a mejorar aparecen: mayor debate de los TP en forma sincrónica, corrección de los Trabajos Prácticos entre todos para conocer respuestas alternativas y reorganizar el aula virtual del campus para ser más sencillo encontrar el material (ver Figura 5).

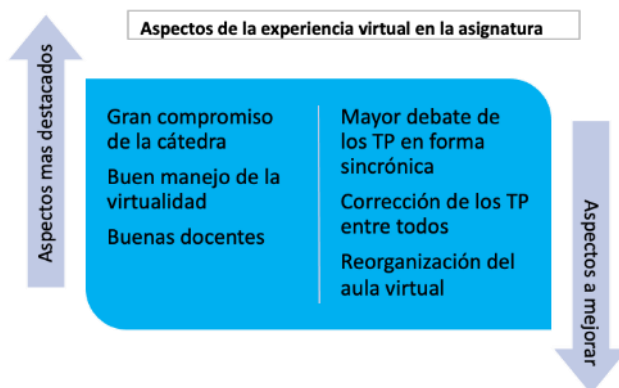


Figura 5 Experiencia como estudiante en Educación Virtual

Al indagar sobre la preferencia respecto al dictado de las clases, un 18,2 % prefiere sincrónicas y un 81,8% asincrónicas. Las principales respuestas referentes a la preferencia por clases sincrónicas son: clases de consulta, resolución de problemas, cuestionarios y debates. En cuanto a las clases asincrónicas, prefieren videos y clases teóricas, en ese orden (ver Figura 6).



Figura 6 Preferencia respecto al dictado de las clases

Se podría decir que analizando sus percepciones resulta muy válido que, entre tantas propuestas pedagógicas diferentes, los estudiantes identifiquen el mejor modo de aprender tanto los contenidos teóricos como así también ejercitarse en prácticas sobre la adquisición de competencias profesionales.

Respecto a si en la cursada presencial considera que se aprende más que en una cursada virtual las respuestas arrojaron: "igual" un 36,4%, 31,8% "menos", 27,3% "más" y el restante 4,5% "mucho más". Ninguno indico "mucho menos" (ver Figura 7). Cuando se pregunta sobre el por qué de la respuesta surgen:

- De manera presencial podríamos debatir las distintas opiniones sobre los casos analizados en la práctica (respuesta con más ocurrencia)
- Los docentes se vieron obligados a evaluar los conceptos aplicados sobre casos prácticos/reales, lo cual considero que es mucho más productivo y más difícil de que se borren los conocimientos.
- No aprendí menos por ser virtual,
- Los vídeos subidos a una plataforma me permitió verlos varias veces e ir pausando y repitiendo las partes que no entendía (respuesta recurrente).
- Vivimos una situación de presión bastante aguda, considero que por la disposición de ustedes como docentes tuvimos los momentos y el contenido necesario para incorporar los temas abarcados.

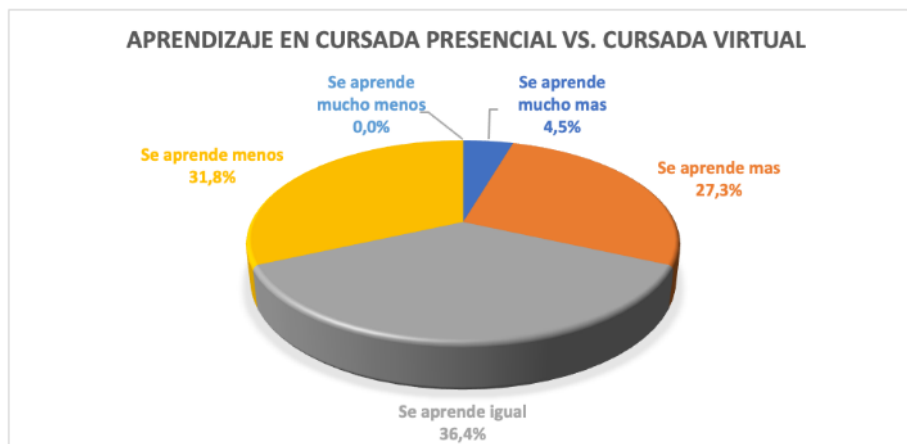


Figura 7 Aprendizaje en cursada presencial versus cursada virtual

Es interesante visualizar que, si se sumaran las respuestas positivas en cuanto a su autopercepción de cuantificar si aprendieron igual, más y mucho más, se obtiene un porcentaje muy alto: representado por el 68,2 % de respuestas; así como también hay un porcentaje considerable del 31,8 % que señalan haber aprendido menos. Por indagaciones en foros y clases sincrónicas se evidencia que el tiempo de debate y trabajo cara a cara colaborativo se ha visto afectado en la muestra. En relación a sus autopercepciones, se comparan con cómo ellos aprenden y cuál es su desempeño como estudiantes en asignaturas similares, no en relación a la asignatura en curso. Se valora también su capacidad de realizar auto-crítica sobre su aprendizaje.

4. CONCLUSIONES

Como se había mencionado, el autor Kearsley [4] señala la existencia de cuatro actores importantes en la determinación de una docencia virtual efectiva:

a) la experiencia en el uso de los medios informáticos, en el grupo revelado mayormente no se han detectado mayores dificultades con ello, solamente problemas de conectividad que seguramente les trajeron inconvenientes, pero no afectó su rendimiento global;

b) el grado de familiaridad que se tenga con la enseñanza virtual, en el caso de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería: si bien existía el Campus Virtual y puntualmente en la asignatura se utilizaba regularmente, la realidad impuso transformar totalmente la propuesta presencial a un formato virtual, lo cual introduce un cambio en una escala no deseada;

c) la flexibilidad desarrollada en el proceso docente. Los estudiantes resaltan esta percepción. En este caso el equipo docente pudo ser flexible al cambio y adaptarse: ello lo demuestra las percepciones de los estudiantes. En la figura 5 puede verse que, se destaca: “gran compromiso de la cátedra” (comprensión, predisposición, paciencia y preocupación hacia los estudiantes), “Buen manejo de la virtualidad”, y “Buenas docentes”;

d) *la práctica en la dinámica participativa y de facilitación del aprendizaje*: ello se ratifica en que del grupo un 68,20 % manifiesta haber conseguido un aprendizaje mayor y o igual al que infiere hubiera obtenido en una cursada presencial tradicional. También se ratifica en que el juego propuesto les posibilita ser creativos y disfrutaban del proceso de aprender. Se valora que si bien es una percepción parcial, los estudiantes puedan valorar cómo se desarrolla su aprendizaje, de qué modo se pueden diferenciar entre ambos formatos.

Otras consideraciones para realizar tienen que ver con las competencias profesionales relevadas en la muestra que coinciden con las competencias más valoradas en la inserción de jóvenes ingenieros. Se destaca el trabajo en equipo, la gestión de sus propias emociones (generación de paciencia) y la administración del tiempo. Sin duda, todas ellas son imprescindibles para navegar en un contexto de incertidumbre creciente por convivir con la Pandemia por COVID-19.

Se toma para cerrar este trabajo la definición del término “competencia tecnológica” para describir la comprensión y la habilidad de conocer dónde y cómo crear una cultura de clase en la cual se

utilicen los ordenadores por parte de los profesores y alumnos en una dirección productiva que dé resultados sociales y cognitivos positivos [2]. Puesto que se tiene plena certeza de que más allá de las propuestas docentes, las metodologías aplicadas y los modelos de intervención pedagógica seleccionados, lo importante es la generación de vínculos positivos que acentúan buenas prácticas docentes y aprendizajes significativos y colaboradores en los estudiantes, quienes logran desarrollar sus competencias profesionales más allá del contexto ya sea virtual o no.

5. REFERENCIAS

- [1] Sela, Pablo. (2020). Enseñanza remota en emergencia: ¿la Universidad desafiada? Encuentro virtual de la Red Emprendedur. Conversaciones sobre la formación emprendedora en los nuevos escenarios. Modalidad plataforma Zoom. 16 de junio de 2020 18:00 horas de Argentina.
- [2] Barberá Gregori, Elena; Badía Garganté, Antoni. (2005). “El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior”. Revista de universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 2, n.o 2. UOC. Recuperado de: <<http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/barbera.pdf>>ISSN 1698-580X
- [3] Castañeda, Manuel Moreno (2012) Veinte visiones de la educación a distancia. Universidad de Guadalajara Sistema de Universidad Virtual, EDVIRTUAL.
- [4] Kearsley, G. (2000). Online Teaching. Canadá, Wadsworth.
- [5] CONFEDI (2006). Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Documento emanado del 40° Plenario de Decanos realizado en octubre de 2006 en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.
- [6] Artigas, M. V.; Onaine, A. E.; Santille, L. S.; (2018). “Haciendo foco en la conceptualización de las competencias: análisis del impacto para las carreras de Ingeniería”. COINI 2018, Mendoza, Argentina.
- [7] Kowalski, V. A.; Erck, I. M.; Enríquez, H. D. (2018). “Módulo 1: Competencias y Resultados de Aprendizaje”. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias. Universidad Nacional de Misiones.
- [8] Roegiers, X. (2007). Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional).
- [9] Perrenoud, P. (2002). Construir Competencias desde la Escuela. Santiago de Chile. Dolmen Ediciones.
- [10] Documento: Proyecto Tuning, Bologna 2006. Recuperado de: http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Spanish_version.pdf.
- [11] Tobón, S., Pimienta Prieto, J., García Fraile, J. (2010). Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México: Pearson Educación.
- [12] Cukierman, Uriel. (2018). “Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería”. Materiales para capacitación de CONFEDI.

6. ANEXO

Se presenta el formulario Google de la encuesta realizada.

Encuesta Educación Virtual en contexto de COVID-19
 La encuesta es anónima y será utilizada para fines de investigación.
 *Obligatorio

1. ¿Cuántos años tenés? *

2. Año de carrera *

Las siguientes preguntas tenés que contestarlas en función de cómo estás transitando la experiencia de estudiar en situación del ASPyO por COVID19.
 Se entiende por competencia a la posibilidad de poder articular el saber conoce, el saber ser y el saber hacer ante una situación determinada.

3. En relación a tu aprendizaje consideras haber desarrollado competencias ligadas a: *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

Administración del tiempo
 Gestión de emociones
 Aprendizaje
 Vinculos con otros
 Trabajo en equipo
 Aprendizaje autónomo
 Otros:

4. ¿Consideras que tenes los medios para realizar la cursada virtual?
 Marca solo un óvalo.

Si
 No

10. ¿De qué tipo? *

11. En tu experiencia como estudiante en la Facultad de Ingeniería habías experimentado en la virtualidad: *

Marca solo un óvalo.

Alto
 Medio
 Bajo

Las próximas preguntas están referidas a la asignatura Administración de Recursos Humanos

12. Nombra tres aspectos que podés destacar de la experiencia en esta asignatura *

13. Nombra tres aspectos a mejorar de la experiencia en esta asignatura *

14. En general preferís las clases: *

Marca solo un óvalo.

Sincrónicas: el docente y estudiantes comparten tiempo real
 Asincrónicas: el docente y estudiantes no comparten tiempo real

5. Si en la pregunta anterior respondés NO, cuál o cuáles de estas dificultades complican tu desempeño virtual? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

No tengo PC
 No tengo WIFI
 Tengo mala conexión a internet (zona, servicio, entre otros)
 Tengo PC de uso compartido con otros miembros de mi familia
 Tengo PC propia pero no un lugar privado para estudiar
 Otros:

6. ¿En qué grado pensás que los docentes están preparados para una educación por competencias? *

Marca solo un óvalo.

Experto
 Competente
 Principiante

7. ¿En qué grado pensás que los docentes están preparados para una educación virtual? *

Marca solo un óvalo.

Experto
 Competente
 Principiante

8. Si pensás en tu desempeño promedio como estudiante y lo contrastas con tu desempeño actual, ¿qué competencias son las que has desarrollado estudiando virtualmente? Hacer listado e indicar nivel de importancia tomando desde 1) Nada importante a 5) Muy importante. *

9. ¿Tenés experiencias como estudiante en educación virtual? *

Marca solo un óvalo.

Si, bastante
 Si, algo
 Nada

15. En particular, preferís las clases sincrónicas para: *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

Clases teóricas
 Clases de consulta
 Estudio de casos
 Vídeos
 Cuestionarios y debates
 Resolución de problemas
 Trabajos de campo

16. En particular, preferís las clases asincrónicas para: *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

Clases teóricas
 Clases de consulta
 Estudio de casos
 Vídeos
 Cuestionarios y debates
 Resolución de problemas
 Trabajos de campo

17. Respecto a una cursada presencial, consideras que en la cursada virtual aprendiste: *

Marca solo un óvalo.

Mucho más
 Más
 Igual
 Menos
 Mucho menos

18. ¿Por qué?

Muchas gracias por tu colaboración

Google no creó ni aprobó este contenido.
 Google Formularios

Laboratorio de Innovación Ingeniería y Diseño

Quiles, Angel Ismaél*; González, Cristian Gustavo

**Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael
Urquiza 314. San Rafael Mendoza CP 5600
aquiles@frsr.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Estamos asistiendo a la era de la industria 4.0 donde se han estandarizado los procesos de innovación en diferentes esferas, tanto en el sector público como privado, y aparecen recursos que nos sirven de gran ayuda para generar proyectos de innovación en toda su amplitud, hablamos concretamente de los laboratorios de Innovación. La definición de Living Lab es propuesta por Mitchell y Larson en 2010, lo definen como un espacio donde se producen procesos de innovación abierta centrada en los usuarios en donde pueden generarse nuevos modelos productivos. La novedad de los laboratorios de innovación es que nos ofrecen la oportunidad de tener un espacio físico para dar protagonismo a las personas en los procesos de innovación.

Palabras Claves: Laboratorios de innovación, industria 4.0

ABSTRACT

We are witnessing the era of industry 4.0 where innovation processes have been standardized in different spheres, both in the public and private sectors, and resources appear that are of great help to generate innovation projects in all their breadth, we speak specifically of the Living labs. The definition of Living Lab is proposed by Mitchell and Larson in 2010, they define it as a space where user-centered open innovation processes take place where new production models can be generated. The novelty of Living Labs is that they offer us the opportunity to have a physical space to give prominence to people in innovation processes.

Keywords: Innovation laboratories, industry 4.0

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Red Europea de Living Labs, el Living Lab es un laboratorio de la vida real en un entorno de experimentación, donde usuarios y profesionales co-crean innovaciones. Los Living Labs se han caracterizado por la Comisión Europea como las asociaciones (Partnerships) Públicas - Privadas - Personas (PPPP) para la Innovación Abierta, dirigida a los usuarios.

Bajo esta mirada y teniendo en cuenta que en un mundo atravesado por el desarrollo del talento como capital económico social, surge la iniciativa de conformar, un espacio pensado para propiciar conceptos de innovación y creatividad formando mayormente estudiantes avanzados de ingeniería donde puedan fusionar su capacidad creativa y la ingeniería para el desarrollo integral de productos, desde la creación del concepto y prototipo hasta su sistema de producción favoreciendo de este modo el desarrollo de la economía local. Esta propuesta es una iniciativa articulada entre la cátedra electiva Formación de Emprendedores, otras materias vinculadas al departamento de Ingeniería Industrial y la Secretaría de Extensión Universitaria de la UTN Facultad Regional San Rafael. Esta última cumpliendo un nexo real con la sociedad económica productiva que demanda tecnologías concretas al sector de la economía del conocimiento.

En este espacio se busca formar profesionales que fusionan su capacidad creativa y la ingeniería para el desarrollo integral de productos, desde la creación del concepto y prototipo hasta su sistema de producción y puesta en venta, analizando todo el ciclo de vida del producto.

El Laboratorio de innovación ingeniería y diseño, cuenta con cuatro actividades principales:

1. **Co-Creación:** Co-diseño realizado por usuarios y estudiantes
2. **Exploración:** Descubriendo nuevos usos, comportamientos y oportunidades de mercado.
3. **Experimentación:** validación en campo de los resultados previos y finales
4. **Evaluación:** Evaluación de conceptos, productos y servicios de acuerdo con criterios socio-ergonómicos, socio-cognitivos y socio-económicos.

Cabe señalar que este Laboratorio de innovación tiene como eje central de sus actividades estar integrado a una comunidad que combine tecnologías exponenciales con las lógicas del pensamiento de diseño y la co-creación. En tal sentido, impulsamos la innovación y el diseño estratégico mediante productos, servicios y experiencias que fomentan el crecimiento y generan impacto.

Cabe señalar que este Laboratorio de innovación tiene como eje central de sus actividades estar integrado a una comunidad que combine tecnologías exponenciales con las lógicas del pensamiento de diseño y la co-creación. En tal sentido, impulsamos la innovación y el diseño estratégico mediante productos, servicios y experiencias que fomentan el crecimiento y generan impacto.

1.1. Una estrategia para promover la creatividad en la educación

La realidad en que vivimos requiere generar soluciones de formación que permitan satisfacer las necesidades de los individuos en el desarrollo de competencias o saber-hacer, para dar respuestas a la sociedad, para formar profesionales capaces de aprender a aprender y aprender a transferir, preparados para buscar continuamente el conocimiento y capacitados para crear e innovar. Indirectamente estas metodologías están en línea con la reestructuración en la educación en la Universidad en carreras técnico científicas y que pueda adecuarse a la tendencia mundial actual de una educación basada en productos y grupos inter y transdisciplinarios.

1.2. Responsables instructor

Atentos a que el éxito de que este modelo se consolide en el tiempo entendemos que el actor más importante en este desafío es el **responsable instructor** quien debe facilitar el aprendizaje de los alumnos en múltiples modalidades, en cuanto al tiempo, diversos lugares, diferentes recursos y medios de aprendizaje. Y ser parte, de cada proceso involucrándose y participando como miembro efectivo de equipos de aprendizaje con un amplio nivel de conocimiento y habilidades en dichos equipos, los cuales están conformados tanto por profesores nuevos y experimentados como por estudiantes.

1.3. Los alumnos como principal actor del proceso de aprendizaje

El Laboratorio de Innovación Ingeniería y Diseño promueve el aprendizaje autogestionado y autónomo, para formar individuos capaces de aprender a aprender y aprender a transferir, preparados para buscar continuamente el conocimiento. Además, esta estrategia motiva al

estudiante, desarrollando destrezas y aptitudes de creatividad e innovación, necesarias en el ámbito profesional de ingeniería y en la formación para realizar investigación aplicada, lo que posibilita realizar un cambio en la estructura tradicional de clases y evaluaciones escritas.

1.4. Laboratorio

Este laboratorio propuesto cuenta con una filosofía abierta en los desarrollos tecnológicos, buscando en todo momento los estándares y la interoperabilidad del mismos; además, exige una continuidad del proyecto más allá de la implementación; y, finalmente, requiere la participación del responsable instructor en el diseño, desarrollo y validación del proyecto

Algunas características que este laboratorio busca cumplir se enumeran como sigue:

1. Intención y motivación para generar soluciones disruptivas, teniendo conciencia de los principales retos del presente y del futuro.
2. Participantes multidisciplinares
3. Se enfocan en la innovación colaborativa, es decir, son las colaboraciones intersectoriales las que unen a las personas.
4. Promueven en sus participantes el “intentar cosas, tomar riesgos, prototipar, probar y aceptar el fracaso como parte del progreso”.

2. METODOLOGÍA

Buscamos conectar el talento y la creatividad en un proceso articulado que potencie a las personas en búsqueda de nuevas soluciones, a través de facilitar ESPACIOS PARA LA INTELIGENCIA COLECTIVA, de modo tal de asegurar los ambientes y medios para estimular la discusión y construcción colectiva. En esta dirección ponemos foco en aportar métodos y herramientas para el diseño y la facilitación de procesos de co-creación entre los distintos actores que participan del proceso de innovación



Fuente: paulina.becerra@unq.edu.ar

3. CONCLUSIONES.

Este nuevo espacio para la UTN Facultad Regional San Rafael en menos de dos años generó un incremento en la motivación de sus estudiantes como también el desarrollo de la capacidad de desenvolverse y encontrar soluciones en ambientes de trabajo con equipos multidisciplinares. Lo que resultó en generar un área de articulación entre los actores citados en el punto 1.1. a los efectos de la planificación y ejecución de actividades anuales para el Laboratorio.

4. REFERENCIAS.

- [1] Cerdas Rosibel Céspedes Cynthia Cortés Marianela. (Año 2017). *Los laboratorios de innovación desde una perspectiva de Gobierno Abierto*.
- [2] Velásquez [Francisco Javier Roldán](#). (Año 2011). *Qué son los Living Labs*.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la UTN Facultad Regional San Rafael por apoyar esta iniciativa de desarrollo educativo transformador.

Modelo para gestionar la continuidad de dictado en la asignatura Planificación y Control de la Producción 2

Michalus, Juan Carlos^{(1)*}; Batista, Oscar Hugo⁽²⁾; Schmidt, Erardo⁽³⁾

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones

Juan Manuel de Rosas N° 325. Oberá, Misiones, Argentina.

(1): michalus@fio.unam.edu.ar; (2): hugooscarbatista@hotmail.com; (3): ventas_tecnotrans@hotmail.com

RESUMEN

Las circunstancias asociadas al brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19), identificado en China a fines del año 2019, produjeron un alto impacto económico, social y sanitario a escala mundial debido a su velocidad de expansión y gravedad. Esta situación obligó al confinamiento obligatorio y al cese de las actividades académicas en varios países, incluida la Argentina. En este marco, este trabajo pretende compartir la experiencia de aplicación de un modelo de Gestión para lograr Continuidad en la enseñanza, aplicado en la Asignatura Planificación y Control de la Producción 2, de la carrera de Ingeniería Industrial, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (provincia de Misiones, Argentina), para adaptarla al Dictado Remoto de Emergencia. Se describe el Modelo de Gestión de Continuidad en la enseñanza y el Modelo de Gestión de Materiales puestos en práctica, los que han permitido concretar el desarrollo de la asignatura con altos índices de satisfacción de los estudiantes. Se presenta un relevamiento de opiniones de los alumnos, lo que permitió obtener valiosa información para evaluar el modelo "adaptativo" utilizado, en particular, sobre la contribución de la asignatura al desarrollo de las "competencias de egreso", definidas para la carrera por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI).

Palabras Clave: Enseñanza Remota de Emergencia; Gestión de Continuidad de Dictado; Gestión de Materiales de Estudio; Estudio de Caso.

ABSTRACT

The circumstances associated with the outbreak of coronavirus disease (COVID-19), identified in China at the end of 2019, have produced a high economic, social and health impact worldwide due to its speed of expansion and severity. This situation forces mandatory confinement and cessation of academic activities in several countries, including Argentina. In this context, this work aims to share the experience of applying a Management Model to Achieve Continuity in teaching, applied in the subject: "Planificación y Control de la Producción 2", of the Industrial Engineering degree, which is taught in the Faculty of Engineering of the National University of Misiones (province of Misiones, Argentina), to adapt it to the Remote Emergency Teaching. The Teaching Continuity Management Model and the Materials Management Model put into practice are described, which have allowed to conclude the development of the subject with high levels of student satisfaction. A survey of the opinions of the students is presented, which obtains information to evaluate the "adaptive" model used, in particular, on the contribution of the subject to the development of "graduation competencies", defined for the career by the Federal Council of Engineering Deans of the Argentine Republic (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina. CONFEDI).

Keywords: Remote emergency teaching; Teaching continuity management; Materials management; Case study

1. INTRODUCCIÓN

A partir del brote de Coronavirus (COVID-19) iniciado en China a fines del año pasado, que se extendió rápidamente con fuertes impactos sanitarios, sociales y económicos a escala mundial. El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo declaró como pandemia [1].

En la Argentina, se procedió al confinamiento de la población a partir del 20 de marzo del 2020, lo que también implicó la suspensión del dictado de clases presenciales. Ante esta situación, los docentes debieron adoptar rápidamente un esquema de Enseñanza Remota de Emergencia (E. R. E.).

El objetivo de este trabajo es describir el Modelo de Gestión de Continuidad en la Enseñanza, empleado para transformar los materiales y estrategias de la enseñanza presencial y convertirlos en elementos adecuados para la E.R.E y los resultados obtenidos a partir de su implementación, en la Asignatura Planificación y Control de la Producción 2, perteneciente a la carrera de Ingeniería Industrial, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (Argentina).

2. METODOLOGÍA

La presente investigación es descriptiva, combina las perspectivas cuantitativa y cualitativa [2]. Se describe el Modelo de Gestión de Continuidad en el Dictado, diseñado y aplicado en la asignatura Planificación y Control de la Producción 2 para su adaptación a la Enseñanza Remota de Emergencia. Constituye un estudio de caso único [3-4] donde se describen las características del modelo, los procedimientos utilizados para la adaptación de las actividades y los resultados, observados a partir de su aplicación al objeto de estudio.

3. ESTADO DEL ARTE Y DE LA PRÁCTICA

La crisis provocada por la pandemia debido al COVID-19 ha trastocado las actividades del planeta, y derivó en el confinamiento de la población, cierre de comercios y suspensión de actividades industriales, ruptura de las cadenas de producción, distribución y consumo, con la consecuente pérdida de empleos, lo que está provocando pérdidas económicas hasta ahora incalculables [5].

Este nuevo escenario, difícilmente predecible en su evolución, ha provocado una sensación general de incertidumbre y desasosiego, que se podría describir tomando prestados los versos del escritor portugués Fernando Pessoa (1888-1935): *"de todo, quedaron tres cosas: la certeza de que estaba siempre comenzando, la certeza de que había que seguir, y la certeza de que sería interrumpido antes de terminar [...]"*.

En este escenario, también fue necesaria la interrupción de las clases presenciales, lo cual afectó a unos 1500 millones de estudiantes de todos los niveles, desde el preescolar hasta el universitario, que representa el 87 % del total mundial de la población escolarizada [6].

En el caso de la Argentina, se ingresó en un esquema de confinamiento de la población preventivo y obligatorio el día 20 de marzo, y continúa con ciertas flexibilizaciones y ajustes. Hasta la fecha, se reportan afectados un total de 14.202.149 estudiantes de todos los niveles, de los cuales 3.140.963 corresponden a la educación superior [7]. Sin embargo, hay que reconocer que estas dificultades golpean con más dureza a la población de menores ingresos, quienes presentan las mayores dificultades económicas, laborales, sociales, así como restricciones en el acceso a las herramientas digitales, asociadas a una escalada en los costos debido a la mayor demanda, y la ruptura de *stock* que se ha producido por la crisis, lo que dificulta las actividades formativas *on-line*.

A nivel universitario, en general, se cuenta con cierto nivel de alfabetización digital que jugó a favor, y en otros casos, fue suplido mediante la dedicación y empeño de los docentes, que con gran esfuerzo lograron adaptarse a las nuevas circunstancias.

3.1. Educación a Distancia

La educación a distancia está conceptualizada en la resolución N° 2641/17 [8] del ex Ministerio de Educación y Deportes de la República Argentina, como: "[...] la opción pedagógica y didáctica donde la relación docente- alumno se encuentra separada en el tiempo y/o en el espacio, durante todo o gran parte del proceso educativo, en el marco de una estrategia pedagógica integral que utiliza soportes materiales y recursos tecnológicos, tecnologías de la información y la comunicación, diseñados especialmente para que los/as alumnos/as alcancen los objetivos de la propuesta educativa". La misma norma aclara que en la denominación quedan comprendidos los estudios conocidos como educación semi presencial, educación asistida, educación abierta, educación virtual y cualquiera que reúna las características indicadas precedentemente.

A partir de la propia definición presentada y de otros autores consultados [9], se puede citar como características principales de la educación a distancia, las siguientes:

- Existe separación física y temporal entre las personas (docentes y alumnos);
- Presenta un diseño adecuado, sistemático y riguroso, tanto en lo institucional, como en lo pedagógico;
- Está basada en el aprendizaje reflexivo, autónomo y auto dirigido, donde el estudiante puede decidir sus estrategias de estudio, sus horarios y su ritmo de aprendizaje;

- Los docentes deben tener formación y capacitación en esta modalidad de enseñanza, donde el aprendizaje está centrado en el estudiante, y el profesor desempeña un rol de acompañamiento y tutoría;
- El material debe ser especialmente diseñado o, en su defecto, cuidadosamente seleccionado y adaptado para ser utilizado en esta modalidad;
- Las instancias de evaluación y auto evaluación de aprendizajes están adecuadamente diseñadas para que los alumnos alcancen los objetivos establecidos.

Como lo señala Alcántara Santuario "la transición a esta modalidad requiere sistemas efectivos de gestión de aprendizaje, instalaciones de video conferencias y personal académico con experiencia en la educación a distancia" [5], es necesario reconocer que "las TIC [Tecnologías de la Información y Comunicación], por sí solas, no tienen una función pedagógica y su uso no siempre conlleva procesos pedagógicos innovadores" [10].

3.2. Docencia Remota de Emergencia

La formación confinada a la que obligó la pandemia ha dado lugar a la denominada "Enseñanza Remota de Emergencia" [11], es decir, un híbrido implementado a través de prácticas forzadas, por las circunstancias que intentan "adaptar" -con mayor o menor éxito- materiales y estrategias de la enseñanza presencial al dictado remoto.

Se puede identificar rápidamente las diferencias entre la Educación a Distancia y la Enseñanza Remota de Emergencia (E.R.E.), debido a la ausencia de elementos clave señalados más arriba, entre los que se destacan la falta de formación, capacitación y asesoramiento adecuado de los docentes en la modalidad, la ausencia de un diseño instruccional riguroso, con materiales orientados al aprendizaje autónomo y auto dirigido, donde cada estudiante puede establecer su propio ritmo, mientras que el equipo docente cumple funciones de tutoría y acompañamiento (grupal e individual). Nielsen [12] sostiene que "[...] escribir y diseñar materiales educativos para la Web (en especial para la enseñanza online) es una tarea muy diferente que hacerlo para la publicación escrita de un texto [...]", y cita como ejemplos de cuestiones a tener en cuenta que las personas demoran un 25 % en la lectura desde la pantalla que en la lectura desde el papel; que leen menos del 50 % de lo que está escrito en una página de computador; y que en la Web prefieren ojear, en vez de leer. Además, es necesario señalar que la tarea de elaboración y/o adaptación del material demanda bastante tiempo.

Ante esta situación de emergencia, algunos docentes ensayaron pasar todo el contenido y la experiencia presencial al entorno virtual sin mayor adaptación, en una especie de "copiar y pegar". En otros casos, se han improvisado una didáctica basada en largas sesiones teóricas en videoconferencia, acompañada del envío de tareas, y el ofrecimiento de espacios de tutoría [5, 11]. También es preciso señalar que esta experiencia provocó que los profesores entraran, "[...] aun sin querer en un proceso de aprendizaje y auto aprendizaje que les permite diseñar soluciones creativas e innovadoras, actuando y aprendiendo sobre la marcha, demostrando capacidad de adaptabilidad y flexibilización de los contenidos y diseños de los cursos para el aprendizaje en las distintas áreas de formación" [13]. Así, muchos docentes han realizado un enorme esfuerzo y desplegaron -sin la formación y el apoyo pedagógico aconsejados por los especialistas, y en tiempo récord- interesantes estrategias de Enseñanza Remota de Emergencia que se aproximan a las "buenas prácticas" recomendadas por los especialistas en educación virtual.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Asignatura Planificación y Control de la Producción 2 (PCP 2) pertenece al quinto año de la Carrera de Ingeniería Industrial, dictada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, en el primer cuatrimestre, y cuyo objetivo es proporcionar al alumno herramientas conceptuales y prácticas que le permitan llevar adelante de una manera eficiente y adecuada la planificación y control en empresas de producción y/o servicios. La cohorte 2020 estuvo compuesta por once estudiantes, y el equipo docente, estaba integrado por un Profesor Titular y dos auxiliares de docencia.

4.1. Modelo de gestión de continuidad

Un modelo se conceptualiza como una versión simplificada de la realidad, utilizada como referencia para imitar o reproducir [14].

En tal sentido, el modelo de gestión para lograr la continuidad, puesto en práctica en la asignatura PCP2, se muestra en la Figura 1.

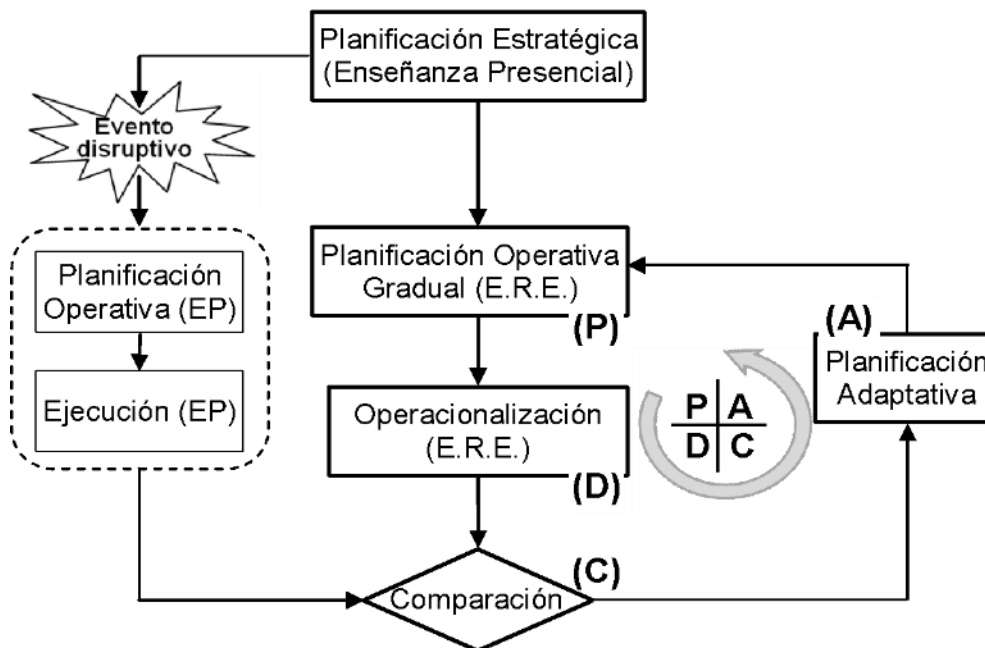


Figura 1. Modelo de Gestión de Continuidad en la enseñanza aplicado en la Asignatura PCP 2. (elaborado creativamente a partir de [15-17])

El proceso de Planificación Estratégica establece los planes y objetivos a largo plazo en la organización, está compuesto por varios planes a nivel universidad, facultad, carrera y departamento, que se encuentran organizados jerárquicamente, y a partir de los cuales se deriva la Planificación Operativa de la asignatura para la enseñanza presencial. En la Facultad de Ingeniería de la UNaM, los planes mencionados, en general, se orientan hacia el dictado presencial de las asignaturas de grado.

El evento disruptivo representa la situación de crisis producida por la pandemia que produjo un cambio profundo, de consecuencias importantes en el proceso de enseñanza - aprendizaje de PCP2 [18]. Esto ocurrió en el inicio del dictado de la asignatura, lo que obligó a una rápida transformación hacia la Enseñanza Remota de Emergencia, para el cual se empleó una gestión con enfoque en la continuidad, basada en el ciclo Deming [16-17].

Se efectuó una Planificación Operativa Gradual (P) orientada a la E.R.E., enfocada en superar las dificultades derivadas de la imposibilidad del dictado presencial, para el que estaban diseñados todos los materiales de cátedra. Se procedió a su readecuación mediante una estrategia "gradual" (clase a clase) ya que no se disponía de la formación, ni del tiempo para hacerlo de otra manera. Se iban elaborando los materiales, mediante la incorporación de "buenas prácticas" surgidas del diálogo e intercambio con colegas y alumnos, y el auto aprendizaje de nuevas herramientas telemáticas. Una vez desarrolladas las actividades (D), se comparaban los resultados alcanzados con los que se esperaba obtener (C), y se procedía a una planificación adaptativa (A), que implicaba diversas medidas de ajuste para disminuir las divergencias detectadas.

Para el proceso de gestión de continuidad, el equipo docente estableció las premisas siguientes:

- Realizar una adaptación de la asignatura al entorno virtual de manera rápida, teniendo en cuenta las necesidades del alumno y los recursos disponibles;
- Desplegar una actitud proactiva de liderazgo, comunicación, motivación y trabajo en equipo para mantener la continuidad en el dictado;
- Demostrar empatía, alentando al alumno a continuar sus estudios, aún ante la gran incertidumbre de las primeras semanas de confinamiento;
- Contribuir con el aprendizaje significativo, la adquisición de conocimientos y habilidades entre los estudiantes;
- Utilizar, en lo posible, el Aula Virtual institucional que dispone la cátedra como apoyo a las clases presenciales;
- Incorporar las herramientas informáticas que estén al alcance del equipo docente

El dictado virtual obligó a los docentes a intensificar su dedicación, ya que la modalidad de Enseñanza Remota de Emergencia exige más tiempo que el dictado presencial, para tareas de planificación, organización, elaboración, montaje, revisiones, etc. Para el caso de PCP2, por cada hora de clases que se debía desarrollar, se requirieron 3 horas (en promedio) de trabajo adicionales.

4.2. Modelo de gestión de materiales

El modelo de gestión de continuidad facilitó la elaboración de un Modelo de Gestión de Materiales, que se utilizó para reelaborar el material didáctico disponible para la EP y readecuarlo a la E.R.E., como se muestra en la Figura 2.

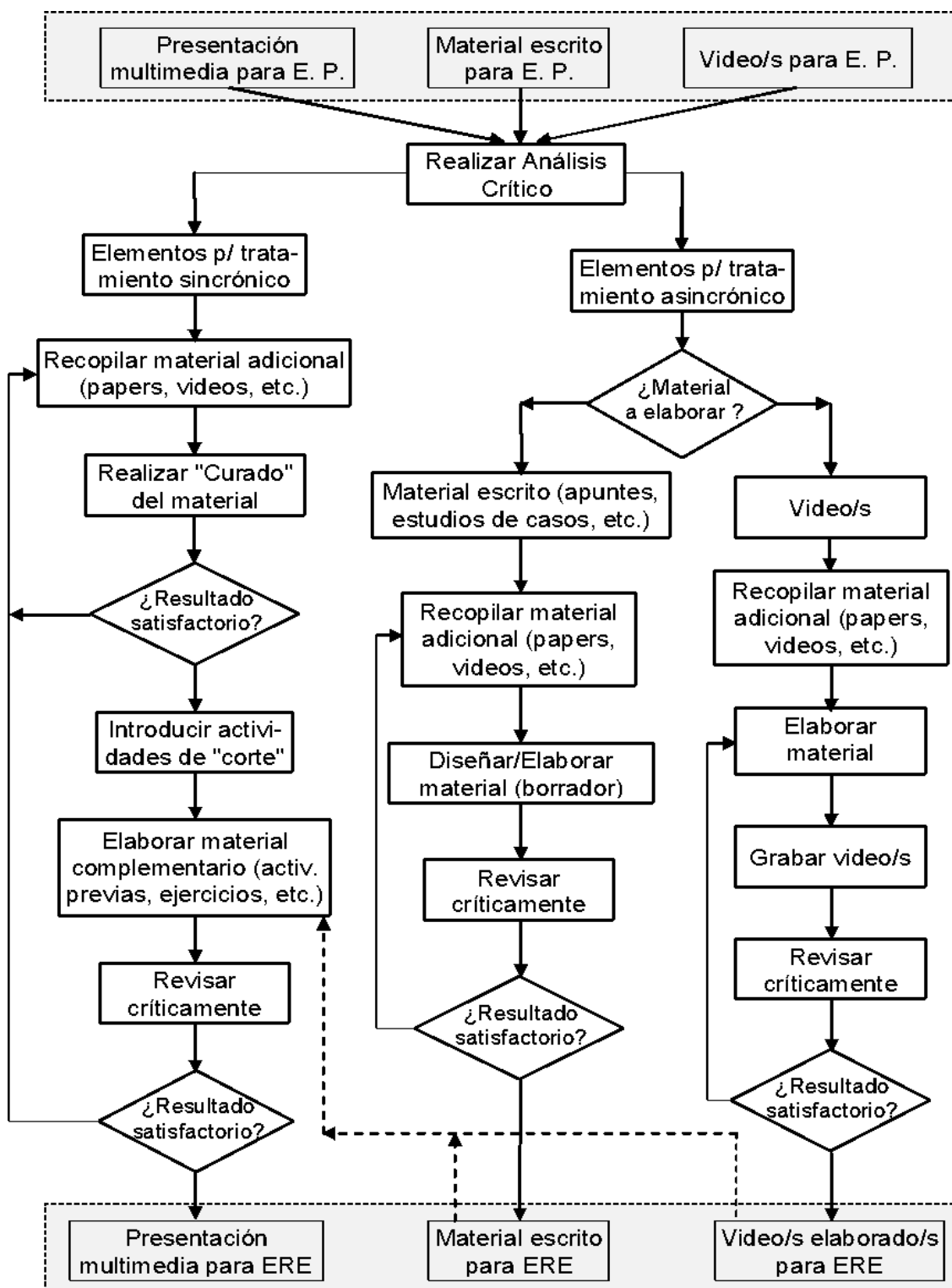


Figura 2. Modelo de Gestión de Materiales para Enseñanza Remota de Emergencia aplicado en la Asignatura PCP 2

Como se puede observar en la figura anterior, el primer paso consiste en analizar críticamente el material, y separar aquellas partes que pueden desarrollarse de manera asincrónica de las que deberían tratarse en los encuentros *on-line*. De acuerdo con los especialistas, no es recomendable desplegar encuentros virtuales extensos, como en la educación presencial, por ello se decidió realizar sesiones sincrónicas de 2 h/semana. Se recopiló material adicional de la web (*papers*, videos, reportes de casos exitosos, críticas, etc.). A continuación se desarrolló lo que Szeinberg y Grinsztajn denominan "curado de contenidos" [18], es decir la selección, ordenamiento y disposición de los materiales de manera propicia para ser presentados y lograr una mejor apropiación de los

misimos. Una vez concretado este paso, el material era revisado por otro colega del equipo y corregido, o completado si era necesario. Posteriormente, se introducían las "actividades de corte" para fomentar la participación de los estudiantes en los encuentros virtuales, teniendo en cuenta que la capacidad de atención es de aproximadamente 30 minutos [5]. En tal sentido, se incorporaron paulatinamente encuestas rápidas para verificar la comprensión; preguntas durante la sesión con la finalidad de mantener la atención e incentivar la participación, videos de corta duración (disponibles en Internet) con aplicaciones a casos prácticos y análisis de casos durante las sesiones remotas, con la finalidad de incentivar el trabajo en equipo y la construcción del conocimiento mediante el debate (entre pares, y con el equipo docente).

A continuación, se elaboró el material complementario necesario, como ser: apuntes o lecturas que debían hacerse previamente, problemas a resolver durante el encuentro presencial, estudios de casos, entre otros, los que eran sometidos a una revisión crítica y mejoras, hasta obtener un resultado satisfactorio.

También se elaboraron videos "caseros" cortos por parte de los docentes, para orientar en la resolución de los Trabajos Prácticos de la Asignatura, los que se pusieron a disposición de los alumnos, con muy buena aceptación.

Además, se decidió Implementar un sistema integral de evaluación en proceso, compuesto por: a) exámenes cortos periódicos al inicio de las clases; b) actividades de evaluación durante las sesiones virtuales mediante estudios de caso, o problemas abordados en grupos de estudiantes; c) evaluación de producciones escritas individuales; d) evaluación oral y escrita de producciones en grupo, concretada a través de un trabajo integrador, que permitió un abordaje amplio de contenidos mediante el análisis de procesos de producción o servicios reales, y el desarrollo de habilidades necesarias para el futuro desempeño como profesional, como el trabajo en equipo, y la expresión oral y escrita.

4.3. Realimentación a través de consultas a estudiantes

Si bien se consultaba periódicamente a los estudiantes durante los encuentros *on-line*, una vez finalizado el cuatrimestre, se realizó una encuesta sobre diversos aspectos que permitieran lograr una realimentación y recabar información sobre el trabajo realizado, y la experiencia de dictado de PCP 2 mediante E.R.E.

Los resultados obtenidos indican que los estudiantes plebiscitaron el desempeño general de la asignatura, ya que consideraron que las actividades diseñadas y desplegadas durante la E.R.E. han contribuido al aprendizaje significativo.

En dicha oportunidad, se consultó sobre la contribución de la asignatura al desarrollo las "competencias de egreso" definidas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI [19-20]), y las respuestas obtenidas se resumen en la Figura 3.

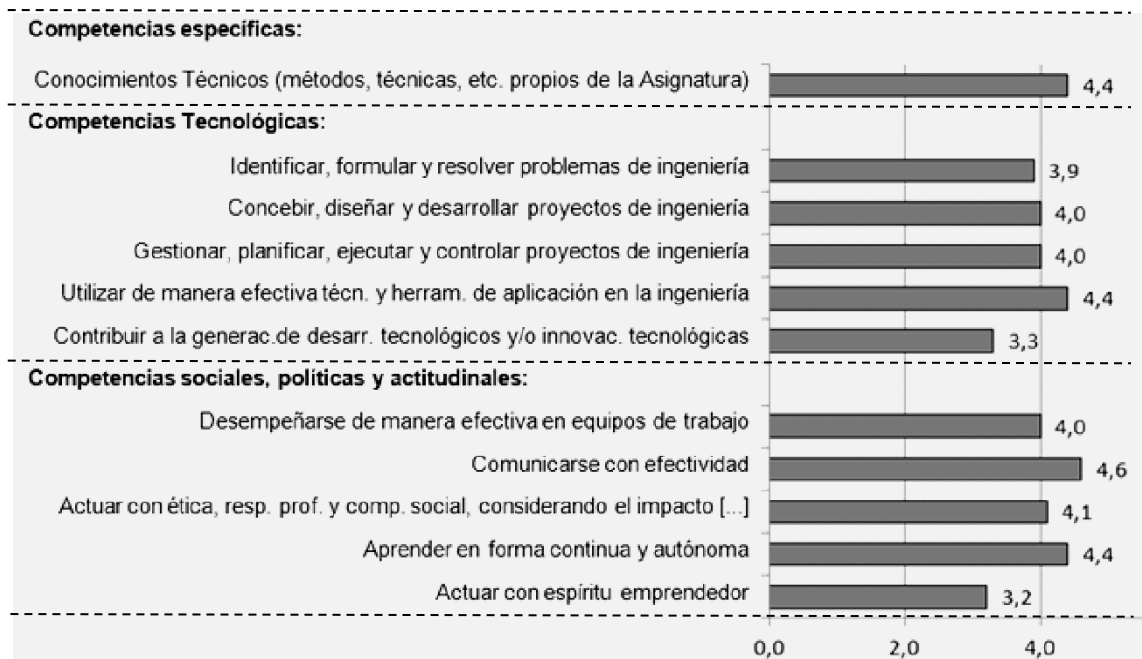


Figura 3. Opiniones de estudiantes sobre la contribución de las asignaturas al desarrollo de las "competencias de egreso" definidas por CONFEDI

Se puede apreciar que los estudiantes consideran que la asignatura PCP2 contribuye a la formación en los tres grupos de competencias, con valoraciones promedio que se ubican entre 3,2 y 4,6 puntos (en escala de 5 puntos).

En particular se destacan las que tienen mayores valoraciones: Conocimientos técnicos propios de la asignatura (grupo de competencias específicas), con promedio de 4,4 puntos, la utilización efectiva de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería, con valoración promedio de 4,4 puntos (perteneciente al grupo de competencia tecnológicas), la comunicación efectiva (4,6 puntos); y, finalmente, aquellas pertenecientes al grupo de competencias sociales, políticas y actitudinales: actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global (4,1 puntos) y el aprendizaje continuo y autónomo, con valoración de 4,4 puntos. En especial, se considera que esta última les facilitará la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades a lo largo de la vida profesional, para afrontar diversidad y heterogeneidad de los modelos y formas de trabajo que surgen a partir de los cambios y la transformación vertiginosa del mundo actual.

5. CONCLUSIONES

El diseño pedagógico llevado a la práctica a través del Modelo de Gestión de Continuidad, permitió adaptarla al entorno virtual de manera efectiva y alcanzar los objetivos establecidos, por lo que se considera una alternativa adecuada y pertinente para contribuir con el aprendizaje significativo de los estudiantes.

El modelo para rediseño de materiales y las actividades incorporadas a través de su aplicación permitieron disponer de un conjunto de materiales adaptados a la E.R.E., que facilitó la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y contribuyó al éxito en la utilización del mismo.

Los estudiantes consideran que la asignatura PCP2, dictada mediante E.R.E. contribuyó a la formación en las competencias de egreso, definidas por CONFEDI para las carreras de ingeniería que se dictan en Argentina.

El Modelo de Gestión de Continuidad en la enseñanza concebido y utilizado en la asignatura Planificación y Control de la Producción 2, se considera una Buena Práctica, plebiscitada por los estudiantes, y cuyos elementos podrían adaptarse creativamente para ser utilizados en otras asignaturas.

6. REFERENCIAS

- [1] Johnson, M. C.; Saletti-Cuesta, L; Tumas, N. (2020) "Emociones, preocupaciones y reflexiones frente a la pandemia del COVID-19 en Argentina". *Ciência & Saúde Coletiva*, 25 (Supl.1). Editor: Associação Brasileira de Saúde Coletiva/Abrasco. Río de Janeiro, Brasil. ISSN 1678-4561
- [2] Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014): Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. México, D. F.
- [3] Garcilazo, J. (2011) "El estudio de casos como estrategia de investigación aplicada a las organizaciones". *III Jornadas de Administración del NEA y I Encuentro Internacional de Administración de la Región Jesuítico Guaraní*. Edición: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones. Posadas, Misiones, Argentina.
- [4] Villarreal Larrinaga, O.; Landeta Rodríguez, J. (2010) "El estudio de casos como metodología de investigación científica en Dirección y Economía de la Empresa. Una aplicación a la internacionalización". *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. Vol. 16, Nº 3. Madrid, España.
- [5] Alcántara Santuario, M. (2020) "Educación superior y COVID-19: una perspectiva comparada". En: *Educación y pandemia. Una visión académica*. Hugo Casanova Cardiel (Coord.). Editor: Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación (IISUE). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad de México, México.
- [6] García-García, M. D. (2020) "La docencia desde el hogar. Una alternativa necesaria en tiempos del Covid 19". *Revista: Polo del Conocimiento*. Ed. Nº 44 Vol. 5, Nº 04. Abril 2020, pp. 304-324. ISSN: 2550 - 682X. DOI: 10.23857/pc.v5i3.1318. Casa Editora del Polo, Manta, Ecuador.
- [7] Sanz, I.; Sáinz González, J.; Capilla, A. (2020) *Efectos de la crisis del Coronavirus en la educación*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Área de Educación Superior, Ciencia y ETP. Madrid, España.

- [8] M.E. y D (2017) Resolución N° 2641-E/17 (2017) *Opción pedagógica y didáctica de Educación a Distancia*. Ministerio de Educación y Deportes de la República Argentina (13/06/17). Buenos Aires, Argentina.
- [9] Chaves Torres, A. (2017) "La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI". *Academia y Virtualidad* 10 (1). Editorial Neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- [10] Barrón Tirado, M^a C. (2020) "La educación en línea. Transiciones y disrupciones". En: *Educación y pandemia. Una visión académica*. Hugo Casanova Cardiel (Coord.). Editor: Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación (IISUE). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México (DF), México.
- [11] Pardo Kuklinski, H.; Cobo, C. (2020) *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia. Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia*. Outliers School. Barcelona, España. URL: http://outliersschool.net/wp-content/uploads/2020/05/Expandir_la_universidad.pdf
- [12] Puello Beltrán, J. J.; Barragán Bohórquez, R. (2008) "Un modelo para el diseño de cursos virtuales de aprendizaje por competencias y basados en estándares de calidad". *E-mail Educativo*, Vol. 1. Pedagogía y Medios Digitales ISSN 0123 - 4897. Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia
- [13] CESOP (2020) Covid-19: La humanidad a prueba. Reporte CESOP N° 132, edición especial, mayo de 2020. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP) de la Cámara de Diputados de México. Ciudad de México, México.
- [14] Diccionario de la Lengua Española (Actualización 2019). Real Academia Española. URL: <https://dle.rae.es/>
- [15] Domínguez Machuca, J. A.; Álvarez Gil, M^a J.; García González, S.; Domínguez Machuca, M.A.; Ruiz Giménez, A. (1995) *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Mc Graw-Hill/Interamericana de España S.A. Madrid, España.
- [16] ISO 22301:2012: *Norma ISO 22301: Seguridad de la Sociedad: Sistemas de Continuidad del Negocio*. Requisitos. International Organization for Standardization (ISO). Ginebra, Suiza.
- [17] Formento, H. R. (2015) *El proceso de mejora continua: claves para el desarrollo exitoso de las organizaciones*. Ediciones UNGS. 1º ed. Universidad Nacional General Sarmiento. Buenos Aires, Argentina.
- [18] Sztainberg, R.; Grinsztajn, F. (2016): *Enseñanza con TIC. Recursos educativos abiertos en la universidad*. Colección Cartillas para la Docencia Universitaria en FCV-UBA N° 2. Serie N° 1. Marcelo Miguez (coord.). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- [19] CONFEDI (2014). *Competencias en ingeniería*. Ed.: Universidad FASTA. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI). Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina
- [20] CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república Argentina "libro rojo de CONFEDI"*. Eds.: Roberto Giordano Lerena, Sandra Cirimelo. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI). Ed.: Universidad FASTA. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

Efectos del aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) en la realización de proyectos de ingeniería como trabajo final de carrera. Caso de la Universidad Nacional de Luján

García, Alejandra Ivana*; Rueda, Alejandro Santiago; Flores Leandro Javier

*Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján
Ruta 5 y Avenida Constitución - (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina.
alejandraivana.garcia@gmail.com; ruedaale@gmail.com; leandroflores6600@gmail.com*

RESUMEN.

Con este trabajo se busca compartir las experiencias en el dictado de una asignatura de final de carrera en el marco de la nueva situación generada a partir del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) debido al Covid-19. Se trata de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Nacional de Luján, donde cada estudiante realiza un trabajo integrador para alcanzar la graduación. La modalidad áulica habitual solo pudo dictarse en 2020 en la primera clase. Debido a que el proceso de aprendizaje centrado en el estudiante se continúa luego del curso anual, hasta finalizar el proyecto con un apoyo del tipo de tutoría, a la par del dictado 2020 se debió adecuar la metodología para los estudiantes con proyectos en curso.

La condición obligatoria de la virtualidad operó como una fuerza impulsora para la aplicación de elementos didácticos de fuerte impacto. Se intensificó el uso de las TIC para clases teóricas con audio y video en vivo; para encuentros de consulta generales y por grupos; y para la socialización de documentos de lectura alternativa y consignas. El seguimiento individual del avance en el curso por parte de los estudiantes, apoyado por comunicaciones personalizadas, además de sus efectos académicos, ha funcionado como un mecanismo efectivo de contención de diversas circunstancias personales generadas por la condición ASPO. Mediante un análisis de los indicadores y resultados parciales se evalúan los impactos de la situación y las acciones de contingencia realizadas.

Palabras Claves: proyecto de ingeniería - aislamiento - egreso

ABSTRACT

This work seeks to share the experiences in the dictation of an end-of-career subject within the framework of the new situation generated from Social, Preventive and Mandatory Isolation (SPMI) due to Covid-19. These are engineering projects of the National University of Luján, where each student performs an integrative work to achieve graduation. The usual classroom modality could only be taught in 2020 in the first class.

Since the student-centered learning process continues after the annual course, until the project ends with tutorials as support models, the methodology for students with ongoing projects had to be adapted along with the dictation of 2020.

The obligatory condition of virtuality operated as a driving force for the application of strong impact didactic elements. The use of ICT for theoretical classes with live audio and video was intensified; for general and group consultation meetings; and for the socialization of alternative reading documents and work instructions.

The individual monitoring of progress in the course by students, supported by personalized communications, in addition to its academic effects, has functioned as an effective mechanism for containing various personal circumstances generated by the SPMI condition. Through an analysis of the indicators and partial results, the impacts of the situation and the contingency actions carried out are evaluated.

Keywords: engineering project - isolation - graduation

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Luján dentro de su oferta académica cuenta con las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Alimentos, y desde el año 2008 comparten la modalidad de trabajo final. La asignatura Proyectos de Ingeniería es el marco académico donde cada estudiante realiza un trabajo integrador para alcanzar la graduación [1, 2]. Las dificultades para realizar el proyecto final, las problemáticas asociadas a la deserción tardía y al desgranamiento que lleva a demoras en la graduación han sido estudiadas y puestas en discusión en el seno del equipo docente de la asignatura de manera sistemática para lograr progresos en los indicadores internos e identificar oportunidades de mejora [3-5].

La metodología adoptada en la asignatura consiste en que durante el curso de dos cuatrimestres, cada estudiante desarrolle un proyecto de ingeniería que luego debe ser completado de forma autónoma para rendir el examen final. El proyecto final se plantea como un ejercicio de formulación teórica para incorporar herramientas que ayuden a los estudiantes en la transición hacia el desempeño de la profesión y completen una visión sistémica de las carreras [6]. Toda esta construcción se encuentra acompañada por el desarrollo de los contenidos establecidos en el programa de la asignatura mediante clases teóricas, búsquedas de información actualizada, y propuestas de aplicación de herramientas propias de la disciplina, procurando un balance equilibrado entre conocimientos y competencias [1, 2, 8]. El equipo docente, actualmente formado por tres ingenieros industriales y tres ingenieros en alimentos, comprendió desde el inicio que gran parte de su tarea estaba centrada en actividades de tutorías, presenciales o virtuales, para que cada estudiante, a través del trabajo individual, alcance la realización del proyecto y con él, su graduación. En cuanto a la culminación de los proyectos, el trabajo de los estudiantes luego del curso puede llevar meses o verse postergado incluso años, según sean las situaciones individuales, que involucran cuestiones laborales, familiares, o académicas. Para completar los trabajos finales el equipo docente tiene organizado un sistema de acompañamiento basado en encuentros presenciales individuales, además de reuniones virtuales y frecuentes intercambios de correo electrónico.

En base a los objetivos de la propuesta de estándares de segunda generación, presentados en el libro rojo del CONFEDI [8], el equipo docente ha ido revisando y actualizando su metodología de trabajo.

Con respecto al enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento, más allá de estar involucrada en varias de las competencias de egreso, la contribución de la asignatura es central en las competencias genéricas tecnológicas segunda y tercera -concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería y gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería-. A la vez que participa en la integración de conocimientos y competencias previamente adquiridos [2, 8].

En cuanto al modelo de aprendizaje centrado en el estudiante, se han ido variando y agregando funciones a los roles de los estudiantes y de los docentes. Se revisaron las modalidades de dictado, consigna, evaluación, apoyo y devoluciones de trabajo, mejorando la calidad y midiendo las respuestas a estas modificaciones. Al centrar el trabajo en el seguimiento de las actividades de los estudiantes, el rol del docente se complementa con actividades de tutoría, acompañamiento individual y manejo de técnicas grupales, entre otras herramientas.

Por su parte, los estudiantes deben adoptar un rol activo para una realización autónoma de los proyectos, identificando fuentes de información, ampliando sus capacidades de análisis y síntesis y visión crítica de la disciplina. Mediante el accionar conjunto, con coloquios grupales, y mejores métodos de acompañamiento y evaluación de las tareas parciales durante el curso y el seguimiento posterior hasta la culminación del proyecto se propende al logro de los objetivos.

La situación académica derivada de las acciones para enfrentar la pandemia de Covid-19, es diferente según los estudiantes, las carreras y las instituciones y, en cada carrera, el lugar del plan de estudio que se analice. La situación de asignaturas de final de carrera generará efectos directos sobre la cantidad de graduados que cada institución alcance en este año y los próximos. Y el modo de afrontar esta nueva condición es un gran desafío para los estudiantes y los docentes.

El objetivo de este trabajo es compartir las experiencias en el dictado de una asignatura de final de carrera en el marco de la nueva situación generada a partir del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) debido al Covid-19. El marco temporal contempla el desarrollo del primer cuatrimestre de 2020. Se analizan acciones y efectos tanto dentro del curso anual como de los proyectos de cohortes anteriores que se encuentran en proceso de finalización.

2. DESARROLLO

2.1. Situación inicial

Para estudiar y dimensionar el impacto de la nueva condición de dictado en el curso 2020 se tomó como referencia la cohorte del año anterior debido a que ambas comparten los objetivos, la modalidad de enseñanza y aprendizaje, y el seguimiento de los proyectos individuales planeados inicialmente. Los efectos de la pandemia sobre la inscripción de los estudiantes a la asignatura en análisis fueron nulos, ya que esta última aconteció previamente. Además, al analizarlas se encontró

que poseen una población comparable, tanto en cantidad de estudiantes, carrera de origen y proporción de recursantes como puede observarse en la Tabla 1.. Los estudiantes que deben recurrir la asignatura representan una proporción que va desde el 45% hasta el 55% en otras cohortes. Una carga académica excesiva y mayor a la sugerida en los planes de estudio, con el afán de finalizar la carrera, el inicio de actividades laborales más demandantes, la necesidad de rendir exámenes finales previos, la necesidad de dedicarle un mayor tiempo a una actividad integradora y algunas dificultades académicas son causas que pueden asociarse a este fenómeno, que no es exclusivo de estas cohortes [5,7].

Tabla 1 *Estudiantes de las cohortes 2019 y 2020 asignatura Proyectos de Ingeniería.*

	2019	2020
Estudiantes Inscriptos	85	87
% Ingeniería industrial	60	67
% Estudiantes recursantes	45	51

Con respecto a la continuidad de los proyectos de cohortes anteriores, se toma como referencia el estado de situación al último día de consultas presenciales, el 11 de marzo de 2020. En ese momento estaban en contacto 24 estudiantes, uno con fecha de examen para el 18 de marzo, 10 con proyectos entregados, devolución inicial realizada y en proceso de adecuación y el resto con consultas previas a la entrega.

2.2. Caracterización de las actividades en los cursos 2019 y 2020

En el año 2019 el curso fue presencial, con una actividad práctica guiada y autónoma, acompañada por desarrollo teórico del programa de la asignatura. En el año 2020 se dictó una sola clase con modalidad presencial, y se considera para este trabajo como una asignatura desarrollada completamente en forma virtual.

Las medidas tomadas para sostener el desarrollo de las clases bajo el ASPO fueron las siguientes:

1. Comunicación por correo electrónico (propio de la asignatura y particular de los docentes).
2. Aula virtual que ya poseía la asignatura, especialmente para comunicar noticias, uso de correo electrónico, compartir documentos e indicar actividades a realizar por los estudiantes.
3. Clases virtuales sincrónicas, mediante las plataformas Zoom y Jitsi, en el horario de la asignatura para el desarrollo de contenidos propios del programa, uso de herramientas y explicación de consignas.
4. Para casos particulares, llamadas telefónicas y videollamadas privadas.
5. Clases de consulta abiertas, semanales y optativas, fuera del horario de la asignatura.
6. Adecuación del cronograma de la asignatura según las modificaciones del calendario académico.

Dentro del equipo docente se consensuó mantener una actitud permanente de alerta a los problemas particulares de los estudiantes y la realización de acciones puntuales de contención.

Los datos que se mencionan a continuación corresponden al periodo marzo-agosto de los años 2019 y 2020. En esos periodos los estudiantes presentaron los temas elegidos para sus proyectos, y trabajaron sobre los estudios de Antecedentes, Mercado y la entrega de una primera parte del estudio Técnico. Los trabajos fueron devueltos con correcciones y calificaciones, y quienes hubieran desaprobado alguna de las tres primeras instancias, debieron trabajar en este mismo periodo en su recuperación.

El equipo docente en el año 2019 ejecutó cuatro coloquios presenciales con anterioridad a cada entrega parcial. El objetivo de estas actividades fue permitir que cada estudiante consulte, valide o reoriente los avances de su trabajo. Se coordinaron reuniones individuales para la presentación y discusión del tema elegido y para los estudios de Antecedentes, de Mercado y para la primera parte del estudio Técnico. Además se habilitaron amplios espacios de consulta antes y después de cada clase, y por correo electrónico.

En el año 2020 se ejecutaron cuatro coloquios con anterioridad a cada entrega parcial, todos virtuales y, los tres últimos, grupales. Para la presentación y discusión del tema elegido para el proyecto, las comunicaciones fueron individuales. Para el estudio de Antecedentes se ofrecieron doce reuniones con inscripción previa opcional, resultando como agenda definitiva cinco encuentros con grupos de 15 a 20 participantes. Para el estudio de Mercado se concretaron 8 entrevistas en grupos de 10 estudiantes previamente asignados por los docentes. Para la primera parte del estudio Técnico se organizaron 10 encuentros de 7 estudiantes, con igual modalidad. Dada la condición virtual del curso 2020, el equipo docente decidió realizar llamadas telefónicas, videollamadas y conferencias audiovisuales individuales con los estudiantes cuya elección de tema se identificaba

como más conflictiva, del mismo modo que se resolvieron otras situaciones críticas. Las consultas mediante reuniones virtuales fueron programadas para los días lunes antes y después de la clase teórica, y para los días miércoles de cada semana. En la Tabla 2 se presenta la asistencia porcentual de cada cohorte a los coloquios propuestos. Al analizar los coloquios se observa un aumento para el 2020 en el porcentaje de asistencia en todas las instancias, excepto en el estudio de Antecedentes, primer actividad de este tipo organizada, sin promover la asistencia en un horario determinado.

Tabla 2 Asistencia a coloquios (cohortes 2019 y 2020).

Actividad	Asistencia (en %)	
	2019	2020
Elección de tema	82	90
Estudio de Antecedentes	72	64
Estudio de Mercado	61	74
Estudio Técnico I	56	83

En la cohorte 2019 alrededor de un tercio de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial presentó proyectos relativos al rubro de los plásticos, y el resto lo hizo con una variedad de temas como productos aislantes, bienes elaborados con cuero animal, productos a base de papel, energías renovables, entre otros. Alrededor de un tercio de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos presentó proyectos de bebidas, otro tercio eligió productos farináceos y el resto lo hizo sobre temas como salazones y chacinados, productos lácteos, confituras y conservas, entre otros. En la cohorte 2020 el 40% de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial presentó proyectos relativos al rubro de los plásticos y el resto los hizo sobre temas como envases de aluminio, productos a base de papel, cartón, energías renovables, entre otros. El 22% de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos presentó proyectos de bebidas, el 20% eligió productos farináceos, y el resto eligió temas diversos como productos lácteos, confituras y conservas, entre otros. El ASPO comenzó a regir con posterioridad al inicio de la asignatura. La elección de los temas no se mostró influenciada por la nueva situación.

En la Tabla 3 se comparan dos indicadores para las cuatro consignas del primer cuatrimestre de ambas cohortes.

Tabla 3. Tasa de cumplimiento y tasa de aprobación por cohorte para cada consigna.

ACTIVIDAD	TASA DE CUMPLIMIENTO (en %)		TASA DE APROBACIÓN (en %)	
	2019	2020	2019	2020
Elección del tema del proyecto	97	93	100	100
Estudio de Antecedentes	79	86	54	61
Estudio de Mercado	73	71	44	45
Estudio Técnico 1° parte	55	63	48	44

La situación que obligó a permanecer en sus casas a los estudiantes, parecería ser la causa de una mayor asistencia en los coloquios. A la vez, el requerimiento de apoyo y consultas fue mayor, con un incremento del 122% del tiempo destinado a atención de consultas exclusivamente referidas a los proyectos, sin considerar la atención y acompañamiento de otras cuestiones. Esto equivale a un incremento del 122% para este último año. En 2019 se recibieron en total 23 correos pertinentes a las entregas parciales, mientras que este año solo se recibieron 12. Esta disminución se debió a la incorporación de diversos espacios para resolver dudas acompañado de los coloquios mencionados anteriormente. Se puede observar una relación inversa entre la cantidad de consultas contabilizadas por correo electrónico y el aumento de los espacios de consulta.

En cuanto a la situación académica, al finalizar el primer cuatrimestre, en 2019, el 25% de los inscriptos no completó sus actividades y quedó en condición AUSENTE. El 34 % alcanzó la aprobación y el 41% tuvo una instancia de recuperación para los dos primeros estudios. El resultado

de esta recuperación fue un 19% en condición LIBRE y un 22% de aprobación. El 56% de los estudiantes continuó el resto del curso. Para el 2020 se mantuvo la misma proporción de estudiantes que continúan el curso que en el año anterior. El cambio se observa en la distribución entre ausentes y libres, esta diferencia entre cohortes se pueda observar en la Figura 1. En 2020, un 36% de los estudiantes intentaron cumplir con las actividades pero luego desistieron o no alcanzaban el nivel mínimo necesario para la aprobación, aumentando la proporción de estudiantes en condición LIBRE, respecto al año anterior.

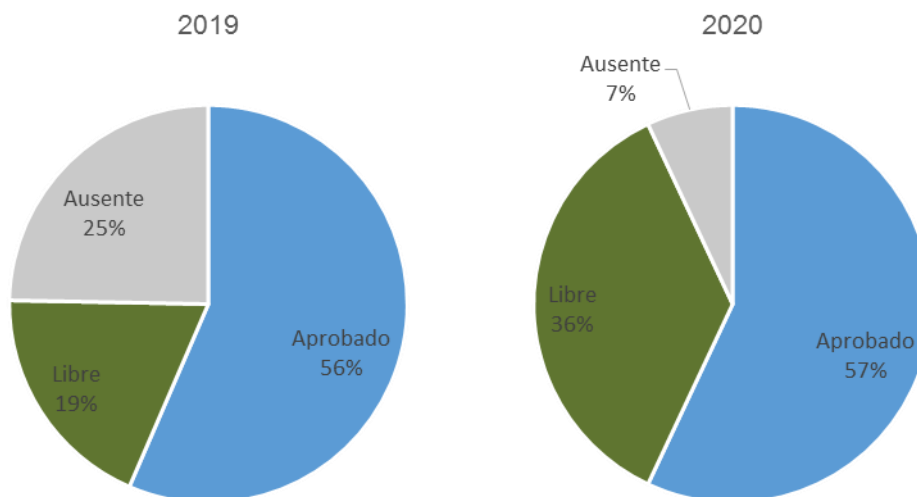


Figura 1. Situación académica parcial para las cohortes 2019 y 2020.

La nueva condición incrementó la participación de los estudiantes en coloquios y en otros espacios de consulta incorporados por decisión del equipo docente debido a la particular situación, pero no se evidenció una mejora en la calidad de los proyectos respecto a años anteriores. Y, como ya se mencionó, los estudiantes en condiciones de afrontar el resto del año para ambas cohortes, resultó equivalente.

2.3. Relevamiento de la percepción de los estudiantes de la cohorte 2020

Además de la interacción semanal y de los contactos personales para conocer la percepción de los estudiantes, se decidió realizar una encuesta anónima, que facilite la participación y provea mayor información de conjunto. Esta información permite comprender los posibles efectos sobre el rendimiento académico de los estudiantes. El objetivo de esta encuesta fue conocer la situación general de los estudiantes de la cohorte 2020 de Proyectos de Ingeniería, más allá del conocimiento de algunas situaciones particulares; se realizó al finalizar el primer cuatrimestre, para ajustar el dictado de la asignatura en la segunda etapa. Esto permite reorganizar las acciones y completar el curso con un mejor resultado colectivo. La encuesta fue voluntaria, anónima, realizada mediante Google Surveys y estuvo disponible durante cuatro semanas a partir del 8 de julio.

La encuesta se diseñó con dos partes, una abordando las condiciones ambientales del ASPO, y otra, sobre sus efectos en el desarrollo del proyecto de ingeniería.

2.3.1 Resultados de la encuesta

La encuesta fue respondida por 62 estudiantes, muestra que posee un nivel de confianza del 90% respecto a la población inicial descontando el 7% de estudiantes que no participaron de ninguna actividad de la asignatura, técnicamente ausentes. El 61% de los encuestados pertenece a la carrera de ingeniería industrial. El 53% de quienes respondieron son recursantes. La asignatura Proyectos de Ingeniería es la única actividad académica que realiza el 55% de los encuestados, mientras que el 15% además cursa una o dos asignaturas y el 30% está cursando tres o más asignaturas simultáneamente.

Se observa que el grupo puede considerarse representativo de la cohorte, no solo por el tamaño de la muestra sino también por su caracterización, semejante a la presentada en la Tabla 1 para la cohorte completa.

A continuación se presentan los resultados acerca de las condiciones ambientales y sus efectos sobre las oportunidades y medios de conexión:

- Todos disponen de un ambiente adecuado o medianamente adecuado para estudiar.
- Todos disponen de tabletas, notebook, teléfonos celulares u otro dispositivo electrónico para tomar las clases. El 89% tiene notebook y el resto posee computadora de escritorio para realizar su proyecto de ingeniería.

- El 40% de los estudiantes utiliza dispositivos compartidos para este trabajo.
- El 68% califica a su conexión a internet entre buena y excelente, el 32% indica que posee una conexión a internet entre regular y mala, mientras que el 10% indica que posee mala conexión a internet.

De este apartado, se llega a que los estudiantes de final de carrera disponen de un ambiente aceptable, conectividad apropiada en general y una computadora personal de uso individual o compartido para realizar el proyecto. Para tomar las clases, en algunos casos utilizan otros dispositivos como tablet o teléfonos celulares por comodidad o por el hecho de compartir los disponibles en la vivienda.

En cuanto a los efectos sobre desarrollo de las actividades de la asignatura, se consultó sobre la situación particular, la laboral y la propia del proyecto:

- Situación laboral: el 85% indicó que poseía trabajo antes del ASPO. En la Figura 2 se representan las respuestas sobre a las condiciones laborales luego del ASPO. El efecto sobre el grupo fue dispar ya que solamente al 15% no le afectó la situación, el 20% perdió su empleo y el 25% manifestó trabajar más que antes. El 17% indica que trabaja desde su hogar, esta condición no puede por sí misma evaluarse como favorable o desfavorable porque en algunos casos debe coordinarse con la dinámica familiar y porque en otros se han modificado e incluso han aumentado las exigencias laborales. En los comentarios finales algunos estudiantes manifestaron que se desempeñan en actividades esenciales y que las exigencias, cambios en las condiciones, y horarios les requieren mayor atención y tiempo, y les ocasionan preocupaciones y estrés adicional.

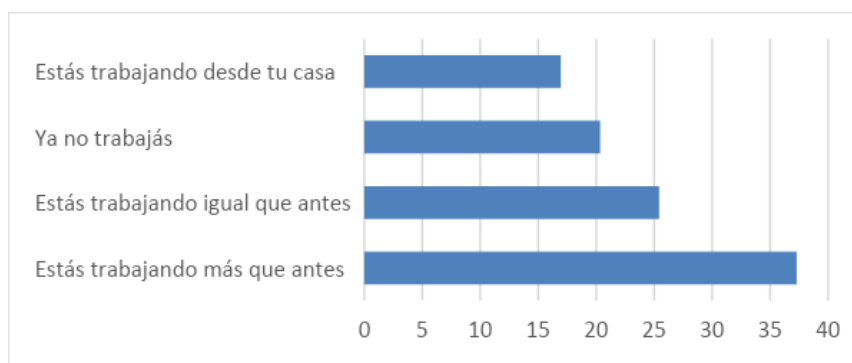


Figura 2. Situación laboral durante el ASPO de los estudiantes que cursan proyectos de ingeniería.

Ante la pregunta sobre cómo afectó la situación laboral y las situaciones personales o familiares sobre el estado de ánimo y la predisposición a realizar el proyecto de ingeniería:

- El 6% indicó que laboralmente se encuentra mejor que antes mientras que el 27% indica que no se encuentra afectado. A la vez que el 44% indicó que en lo personal o familiar tampoco se encontraba afectado.
- Entre el 44 y 45% manifestó que tanto lo laboral como lo personal o familiar afecta negativamente la realización del proyecto
- Entre el 10 y el 13% consideran que se ven muy negativamente afectados.

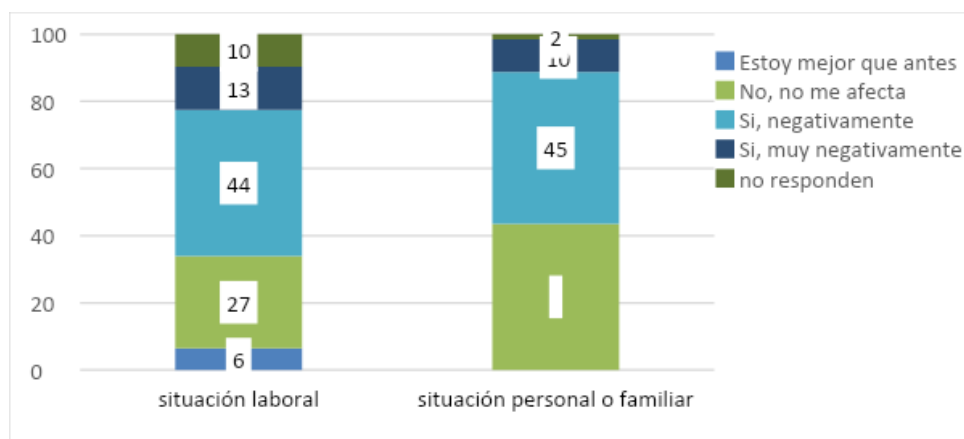


Figura 3. Efectos de la situación laboral y las situaciones personales o familiares actuales sobre la predisposición a realizar el proyecto de ingeniería.

Como se puede observar en la Figura 3, entre el 55 y 58% de los estudiantes manifiestan que las situaciones laborales y personales o familiares tienen efectos negativos o muy negativos para la realización del proyecto de ingeniería.

En cuanto a cómo la realización del proyecto se ve afectada por la situación actual, para un tercio de los estudiantes encuestados, la realización del proyecto se ve muy afectada o excesivamente afectada, el resto solo se percibe algo o nada afectado.

Al preguntar sobre las causas que afectan la realización del proyecto, quienes se ven afectados reconocen, en orden decreciente como se muestra en la Figura 4, las dificultades para acceder a la información, para comunicarse con los docentes, las propias del tema o académicas y entre las otras razones, se mencionan exceso de trabajo, y falta de tiempo para realizar actividades, imposibilidad de visitar plantas industriales o realizar entrevistas que resultan mejores en la presencialidad, no poder conectarse a las clases por estar trabajando, o no poder reunirse con el grupo de estudio, dificultades para concentrarse por las preocupaciones o ansiedad.



Figura 4. Causas que dificultan la realización del proyecto de ingeniería.

En el espacio de comentarios finales, se tuvieron 24 devoluciones, que pueden agruparse en los siguientes tópicos:

- Necesidad de mayor contacto con el equipo docente: los estudiantes rescatan las clases de consulta, la predisposición, los espacios de intercambio y el nivel de comunicación y calidad de las correcciones pero manifiestan que necesitan respuestas inmediatas a sus correos electrónicos, un mayor nivel de detalle en las correcciones o la posibilidad de interactuar directamente con cada tutor, por ejemplo con clases de consulta individuales.
- Las dificultades para hacer relevamientos, entrevistas a expertos, visitas a plantas de manera real, que consideran necesarias para algunos temas y que los equivalentes virtuales no son suficientes para sustituirlos.
- Otros comentarios menos frecuentes se refieren a adecuaciones en el cronograma de la asignatura, la organización de las clases y la necesidad de disponer de clases asincrónicas.

2.4 Situación de proyectos finales

Durante el año 2019 se graduaron 22 estudiantes, doce pertenecientes a la carrera ingeniería industrial. Otros seis estudiantes presentaron sus proyectos y llegaron hasta la instancia de devolución y adecuación previa a la defensa y siete estudiantes se acercaron en una etapa previa a la presentación de sus proyectos.

Al inicio del ASPO, el conjunto de estudiantes comunicados durante 2019 con proyectos en etapa de adecuación para la defensa eran diez, con distintos niveles de avance, uno de ellos con fecha de examen y tres próximos a finalizar el proyecto.

El equipo docente decidió continuar y reforzar la comunicación con los estudiantes. El espacio semanal de consulta presencial, donde cada estudiante era atendido individualmente fue suspendido, entonces a los correos electrónicos habituales se agregaron numerosos contactos telefónicos y videoconferencias por distintos medios.

Las medidas adoptadas para dar continuidad a los proyectos finales fueron:

1. Mantener la comunicación por el correo electrónico de la asignatura para las situaciones de distinta índole como seguimiento de proyecto, consultas técnicas, administrativas, o particulares.
2. Realizar reuniones virtuales para devolución de proyectos, con explicaciones exhaustivas y espacios para consultas, de modo de ayudar, contener y guiar.
3. Envío de correcciones por correo electrónico, cumplido el punto precedente.
4. Llamadas telefónicas y videollamadas para atender consultas que requieran respuestas inmediatas, aclaraciones y otras cuestiones.
5. Espacios de consulta, fuera del horario de la asignatura, que preferentemente se ordenaron en horarios fijos, los lunes y miércoles, acordando previamente con cada interesado.
6. Reprogramación de actividades de evaluación, confección de una lista de intención para rendir el examen de manera virtual, y coordinación con la gestión académico- administrativa.

En cuanto a la continuidad de los trabajos en curso, se toma como referencia el estado de situación al último día de consultas presenciales, el 11 de marzo de 2020. En ese momento estaban en contacto 24 estudiantes, uno con fecha de examen para el 18 de marzo, diez con proyectos entregados, devolución inicial realizada y en proceso de adecuación y el resto con consultas previas a la entrega. Tabla 4

En una condición normal, en este periodo marzo-agosto al menos se hubieran graduado cinco estudiantes del grupo 2019, pero solo se llegó a concretar un examen. Sin embargo, durante el aislamiento otros estudiantes se comunicaron y sus proyectos se encuentran en distintas instancias, tanto en proceso de adecuación, como en condiciones de presentarlo para el examen. En relación al modo de realizar la defensa final, algunos estudiantes prefieren completar su carrera de modo presencial, lo que lleva a postergar la graduación.

Tabla 4 Situación inicial y final en el periodo estudiado de estudiantes de cohortes anteriores

Año	Estudiantes en contacto	Proyectos en corrección	Proyectos finalizados	Consulta previa a entrega
Al inicio de ASPO (16/3/20)	24	9	1	14
En cinco meses de ASPO (16/8/20)	36	19	10	17

Al analizar el periodo de cinco meses de ASPO, hasta el momento de esta presentación, con respecto a los estudiantes que adeudan el proyecto final, se encuentra que ha habido efectos que se rescatan como favorables, como el aumento en la cantidad de consultas, la cantidad de presentaciones de proyectos para su corrección, la reinserción de estudiantes que terminaron de cursar hace varios años. La calidad de estos trabajos requiere revisión, como para poder alcanzar los requisitos mínimos esperados para un proyecto de graduación. Esto implica una mayor exigencia para el equipo docente y la intensificación de las correcciones. En un escenario conservador, si a los 10 proyectos ya finalizados durante el ASPO, se les agregan 14 de los ya devueltos, que según los registros están en un alto grado de avance, al finalizar el año se tendrían 24 proyectos en condiciones de ser defendidos, un valor comparable al del 2019, aún sin considerar los que pudieran incorporarse en lo que resta del año.

Los estudiantes en general prefieren rendir en cuanto tienen adecuados sus proyectos y esperan se resuelva el calendario de exámenes finales para concretar el acto. Sin embargo, algunos estudiantes prefieren completar su carrera de modo presencial, lo que lleva a postergar la graduación. Un aspecto en vías de resolución es la adecuación administrativa para tomar exámenes finales virtuales o presenciales bajo protocolo, con la característica de última actividad académica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Acerca de la asistencia y participación

Con números de inscriptos similares por año y por carrera, se nota que no hubo un impacto significativo del ASPO.

En términos desagregados, se evidenció mayor asistencia en las actividades virtuales equivalentes a clase presencial; está claro que además del efecto restrictivo del ASPO en términos regulatorios, la relativa conveniencia de no viajar aumentó esta presencia virtual.

Los resultados cualitativos muestran otra cara del ASPO; soledad, ausencia de contacto personal, distancia comunicacional y otros factores, impactaron negativamente en la actividad en clases y consultas virtuales y en la calidad del material entregado para las consignas.

3.2 Desgranamiento

No es posible adjudicar este efecto negativo al ASPO como su causante. En cambio, es notable el aumento en la cantidad de consultas previas a la entrega de proyectos finales, destacándose un 33% más de estudiantes con cuatro o más años de haber cursado la asignatura; de concretarse sus proyectos a corto plazo, podrían impactar en la tasa de graduación 2020 o 2021, evidenciando un efecto de recuperación en la tasa de desgranamiento.

3.3 Graduación

Al analizar la tendencia en la tasa de graduación anual 2019 versus 2020, no se encuentran diferencias importantes; en 2019 fueron 22 los estudiantes que culminaron sus proyectos de ingeniería mientras que para el 2020 se estima que lo lograrán unos 24 estudiantes.

3.4 Aspectos cualitativos

Tanto para la cohorte que cursa actualmente como para quienes completan su proyecto final, se ha detectado una necesidad de mayor comunicación y contención y la necesidad de reafirmar conceptos o mayor acompañamiento. En este contexto se entiende que en tiempos normales la virtualidad puede acompañar al trabajo presencial pero no puede sustituirlo y se deberán reafirmar las competencias para actuar de manera autónoma en el trabajo de los estudiantes.

La primera causa de dificultad en la realización del proyecto se identifica con las dificultades de acceso a la información (36%) y la segunda causa, dificultades para comunicarse con los docentes (21%).

El equipo docente ha evaluado esta realidad sin presencialidad como causa de un efecto muy evidente: aumento de la necesidad de contacto (aún virtual) con los docentes y desarrollo de un mayor trabajo de contención grupal e individual.

4. CONCLUSIONES

El equipo docente siempre ha considerado a los estudiantes como el eje de la actividad, y por ello son acompañados, motivados y ayudados a completar el curso y finalizar sus proyectos. La más modesta estimación indica que el nivel de dedicación horaria normal (25 horas presenciales por semana), se ha modificado para el desarrollo de este curso 2020, duplicando dicho valor. Dado que no es posible desarrollar las clases del mismo modo que en un aula, los objetivos fueron priorizar los contenidos centrales de la asignatura, y favorecer el desarrollo de la actividad integradora.

Parte de esta tarea ha sido la de identificar situaciones particulares y ordenarlas en dos tipos: las que se deben a problemas de conectividad, acceso a internet o la necesidad de asistir a la universidad para tener un espacio adecuado; y las que obedecen a las condiciones laborales y familiares de los estudiantes, que derivan en falta de tiempo, estrés o falta de concentración para llevar adelante el proyecto. Ambas efecto de ASPO.

Cabe destacar como positivo, la posibilidad concretada de avanzar aún en condiciones desfavorables, e introducir cambios metodológicos de buen resultado que seguro serán perfeccionados en la situación post ASPO. Queda claro que, por ahora, la presencialidad no es reemplazable, pero sí es mejorable con el uso de los elementos virtuales.

5. REFERENCIAS

- [1] Universidad Nacional de Luján (2014). Resolución H.C.S. N° 692/08, Resolución H.C.S. N° 152/13 Plan de estudio de la carrera Ingeniería Industrial 25.08. *Disponible en:* <http://resoluciones.unlu.edu.ar/documento.frame.php?cod=44141>.
- [2] Universidad Nacional de Luján - Resolución RESHCS-LUJ:0001159-15. (2015). Plan de estudio de la carrera Ingeniería en Alimentos 01.09. *Disponible en:* <http://resoluciones.unlu.edu.ar/documento.frame.php?cod=68374>
- [3] García, Alejandra; Flores Leandro; Raponi Leticia; Rueda Alejandro Gianelli, Gei Anabella (2019). Proyectos de Ingeniería: Situación de los Trabajos Finales de Carrera en la Universidad Nacional de Luján. Manizales, Colombia. Revista. Artículo Completo. XII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias. Septiembre 25, 26 y 27, 2019. Red Internacional de Investigadores en Ingeniería Industrial.
- [4] Flores, Leandro; García, Alejandra; Rueda Alejandro; Gei, Anabella. (2018). Mejoras en el sistema de seguimiento y evaluación de proyectos finales de ingeniería. Caso de la Universidad Nacional de Luján. XVIII Coloquio Internacional de Gestión Universitaria – CIGU. 22 al 24 de octubre de 2018. Loja. Ecuador.

- [5] García, Alejandra, Gei, Anabella, Rueda, Alejandro (2011). Sistemas de tutorías para el tramo final de carreras de ingeniería en la Universidad Nacional de Luján. Ponencia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- [6] Universidad Nacional de Luján - UNLu. (2019). Programa Analítico de la Asignatura Proyectos de Ingeniería (40244), vigencia 2019-2020. Disposición PCDDT N° 035/19. Luján, Buenos Aires. Argentina. Disponible en:
<http://www.certificaciones.unlu.edu.ar/sites/www.certificaciones.unlu.edu.ar/files/site/Programas/25/40244.pdf>
- [7] Himmel, E. (2002). Modelo de análisis de la deserción estudiantil en la educación superior. Calidad en la Educación, (17), 91-108. Disponible en: <https://doi.org/10.31619/caledu.n17.409>
- [8] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI (2018): PROPUESTA DE ESTÁNDARES DE SEGUNDA GENERACIÓN PARA LA ACREDITACIÓN DE CARRERAS DE INGENIERÍA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA. “LIBRO ROJO DE CONFEDI”. Primera Edición. Editores: Roberto Giordano Lerena, Sandra Cirimelo. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf (acceso en julio de 2020)

Aplicación de un método de evaluación por competencia en informes virtuales de trabajos de laboratorio, en alumnos de Ingeniería Industrial.

Agosta, Rodrigo*; Gon, Fabián ⁽¹⁾

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.
Lavaisse 610, Santa Fe, Santa Fe.
rodrigo.agosta@gmail.com.*

RESUMEN.

En este trabajo se presentan los resultados del grado de recepción de los estudiantes, a la aplicación de la metodología de evaluación basada en competencias. El estudio se llevó a cabo con alumnos de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Santa Fe, de la Universidad Tecnológica Nacional (FRSF-UTN) en el marco de un curso de prácticas de laboratorio de Física II, donde se desarrollan conceptos teóricos y prácticos de termodinámica. El análisis se basó en el modelo de competencias sustentado por el CONFEDI (2006) [1]. La metodología se aplicó en la evaluación de los informes virtuales presentados por los alumnos, mediante tres metodologías distintas: calificación porcentual, listado de insuficiencias y evaluación de competencias mediante rúbricas. Para la evaluación por competencia, este trabajo emplea una modificación al proceso de diseño presentado por Mertler (2000) [2] con el objetivo de producir un método viable para la aplicación sobre informes numerosos.

Palabras Claves: Enseñanza, Física, Ingeniería Industrial, Evaluación por Competencias.

ABSTRACT:

This paper presents the results of the degree of reception of the students, to the application of the methodology of evaluation based on competences. The study was carried out with industrial engineering students of the Santa Fe Regional Faculty, of the National Technological University (FRSF-UTN) in the framework of a Physics II laboratory practice course, where theoretical and practical concepts of thermodynamics are developed. The analysis was based on the model of competences supported by CONFEDI (2006). The methodology was applied in the evaluation of the virtual reports presented by the students, by means of three different methodologies: percentage qualification, list of insufficiencies and evaluation of competences by means of rubrics. For the evaluation by competence, this work employs a modification to the design process presented by Mertler (2000) with the aim of producing a viable method for application on numerous reports.

Keywords: Teaching, Physics, Industrial Engineering, Evaluation by Competences.

1. OBJETIVOS.

En el marco de un proceso de mejora continua, el objetivo del trabajo es recabar información y obtener conclusiones sobre la valoración que los alumnos de Física 2 de la carrera Ingeniería Industrial, confieren a la aplicación de un método de evaluación por competencias, comparándolo con otras formas actualmente utilizadas.

Implementar un método alternativo al diseño de instancias de evaluación presentado por Mertler y Craig (2000) [3].

Aplicar la metodología a través del campus virtual de la FRSF-UTN.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. Situación actual

La planificación actual de las materias de la FRSF-UTN permite al alumno acceder a la instancia de aprobación directa durante el año de cursado, sin necesidad de acceder al examen final globalizador. Para esto es necesario cumplir con una serie de tareas establecidas en el reglamento de la cátedra. Caso contrario, debe recurrir a la instancia de aprobación de cursado para lograr el acceso al examen final.

Las tareas programadas se dividen en: evaluaciones de seguimiento (ES), actividades de laboratorio (TP) y exámenes parciales (EP).

En la actualidad, todas las instancias de calificación se realizan con una escala porcentual de puntuación. La misma le indica al alumno si ha alcanzado o no una instancia de aceptación del trabajo, bajo los criterios observados por el docente. La calificación objetivo para la aprobación directa es superior a la requerida para la aprobación de cursado, ya que exige al alumno del examen final globalizador. A través de este sistema el alumno no obtiene información alguna de los aspectos que el docente ha evaluado, ni los criterios con los que lo ha calificado. Esto no facilita el inicio de los procesos de análisis personal.

Como alternativa, surge la evaluación por competencias para la formación de futuros profesionales. Efectivamente buena parte de quienes analizan el término competencia lo adscriben al mundo productivo (porque en él nacieron y se desarrollaron como doctrina formativa y al desempeño de algún empleo o profesión) (Spencer y Spencer, 1993) [4].

Se ha definido la competencia como el “conjunto de conocimientos, saber hacer, habilidades y aptitudes que permiten a los profesionales desempeñar y desarrollar roles de trabajo en los niveles requeridos para el empleo” (Hargraves, 1986) [5].

B. Antecedentes de la investigación

La evaluación por competencias genera nuevos desafíos para los docentes universitarios. Sobre ellos recae la responsabilidad de revisar y readaptar las guías de trabajo tradicionales y aplicar los enfoques y metodologías apropiadas para transformar el proceso de evaluación. La lectura criteriosa de los informes de trabajos presentados por los alumnos, requiere de organización y experiencia para la detección de competencias manifestadas (Zabalza Beraza, 2007) [6].

En la búsqueda por clarificar los conceptos de evaluación, y orientarlos al desarrollo de competencias requeridas en los alumnos como futuros profesionales, la rúbrica de evaluación es un instrumento que en los últimos años ha tenido un gran uso, debido a sus resultados de alto impacto en la evaluación.

Según el Observatorio de Innovación Educativa Tecnológico de Monterrey (2015) [7]: “las rúbricas son tablas de doble entrada en las cuales se relacionan los criterios de las competencias con los niveles de dominio y se integran las evidencias que deben aportar los estudiantes durante el proceso. Una rúbrica configurada mediante los niveles de dominio indicados es a la vez, un mapa de aprendizaje, porque señala los retos progresivos a ser alcanzados por los estudiantes en una asignatura o módulo formativo. Igualmente muestra los logros y aspectos a mejorar más relevantes durante el proceso. Son así mismo guías de puntaje que permiten describir el grado en el cual un aprendiz está ejecutando un proceso o un producto”.

El diseño de estas tablas de doble entrada, requieren un protocolo de trabajo, que permita su aplicación. Los conceptos introducidos por Mertler (2000) [8], indican un desarrollo de cinco pasos para diseñar y aplicar las rúbricas:

- 1- Considerar el contexto, la concepción general del trabajo o tarea y los objetivos específicos de aprendizaje que se desean desarrollar. Identificar los componentes de la competencia que se tienen que movilizar.
- 2- Describir los atributos del desempeño óptimo y agruparlos en torno a dimensiones o componentes del trabajo o tarea.
- 3- Diseñar la escala para valorar el nivel de desempeño en cada categoría-dimensión y completar los descriptores de cada nivel. Redactar los descriptores de cada nivel.
- 4- Seleccionar muestras de trabajo que ilustren cada uno de los niveles de desempeño.
- 5- Someter a revisión la rúbrica por parte de alumnos y colegas, aplicando un proceso de mejora continua.

La metodología presentada por Mertler (2000) [9] se empleó en el trabajo “Prácticas de laboratorio, aprendizaje significativo y competencias puestas en juego en los informes escritos de los estudiantes” (Agosta, Gon y Alzugaray, 2018) [10].

En el año 2019 se trasladó como metodología para la evaluación de informes de trabajos prácticos, aplicándolo a un grupo de 80 alumnos. Ese año, los alumnos presentaron informes correspondientes a cada uno de los 9 trabajos prácticos establecidos por la planificación anual. Se seleccionaron dos informes por alumnos, para implementar la metodología de evaluación por competencias. Durante ese proceso se presentaron dificultades para concretar la tarea de evaluación. La extensión del tiempo requerido, no se adecuó al cumplimiento apropiado de la planificación anual.

Los aportes realizados por el cuerpo docente establecieron que: la longitud y la especificidad de las descripciones de cada dimensión, y las múltiples facetas analizadas, implicaron esfuerzos de relectura y reinterpretación constante de las rúbricas.

En este aspecto, Klein-Collins, R. (2012) sugiere: *“La elaboración de la rúbrica para la evaluación de las competencias del alumno debe ser realizada de una manera clara y definida en pocas palabras no más de cuatro para que el evaluador al momento de analizar los datos no dude sobre la interpretación de la misma.”* [11]

Aunque también aclara: *“...cualquier pretensión de generalizar el empleo de una rúbrica de evaluación de competencias, exige la descripción exacta y exhaustiva de los procedimientos utilizados para su diseño y validación”* [12].

Con los aportes del cuerpo docente, se establecieron nuevas pautas para la elaboración de rúbricas y su implementación en el ciclo lectivo 2020.

Acompañando el proceso de mejora continua, se establecieron las pautas para la consulta a los estudiantes.

En el presente trabajo, se pone de manifiesto la opinión de los alumnos, respecto a la evaluación por competencias implementada.

3. METODOLOGÍA

3.1. Metodología de diseño de evaluación por rúbricas propuesta

Luego de someter la metodología aplicada en 2019 a la revisión de colegas, se diseñó un nuevo procedimiento de trabajo para la implementación de la evaluación por competencias en el ciclo lectivo 2020. Este procedimiento, presentado por Gon y Agosta (2020), consta de las siguientes etapas: [13]

Primera Etapa: Considerar el contexto, la concepción general del trabajo o tarea y los objetivos específicos de aprendizaje que se desean desarrollar.

- Estudiar los informes presentados por alumnos, en ciclos anteriores.
- Identificar las competencias preponderantemente asociadas.
- Modificar las actividades, para acentuar la manifestación de competencias.
- Escoger 3 a 5 competencias para la aplicación del estudio.

Segunda Etapa: Identificar formas de manifestación de las competencias:

- Estudiar los informes presentados por alumnos, en ciclos anteriores.
- Detectar formas de manifestación de las competencias.
- Establecer los lineamientos para elaborar las rúbricas con la información recabada.

Tercera Etapa: Elaborar las rúbricas, según las siguientes recomendaciones:

- Cada rúbrica deberá contestar a la pregunta: “¿Se manifiesta?”, con las respuestas: “Sí”; “+/-”; “No” (escala Likert de tres respuestas).
- Cada rúbrica debe redactarse en 4 a 6 palabras.
- Cada rúbrica debe representar claramente a una sola competencia.
- Cada rúbrica debe ser claramente distinguible de las otras.
- Cada rúbrica debe contener dos palabras que la identifiquen. Estas serán resaltadas para una rápida localización visual.
- Para cada competencia, se elaborarán 4 a 6 rúbricas.

Cuarta Etapa: Evaluar y realizar devolución de resultados a alumnos:

- Los alumnos deben ser informados de la forma de evaluación y la metodología implementada.
- Los resultados deben ser de lectura dinámica.
- Los resultados deben contener los niveles que indican la aceptación del trabajo.
- Los resultados deben contener los niveles de rechazo y requerimientos de reelaboración del trabajo.

Quinta etapa: Mejora continua:

- Seleccionar muestras de trabajo que ilustren y ejemplifiquen cada uno de los niveles de desempeño.
- Someter a revisión la rúbrica por parte de alumnos y colegas.
- Establecer métodos comparativos, para evaluar niveles de aceptación y rechazo de trabajos, así como fiabilidad de los resultados dados por el método de evaluación.

3.2. Ámbito de aplicación

La Unidad Docente Básica (UDB) de Física de la FRSF-UTN establece en la planificación anual para el ciclo 2020 de la cátedra Física II, la ejecución de nueve actividades de laboratorio, identificadas como trabajos prácticos. Las mismas se comunican a través de guías en formato digital, disponibles en los repositorios de la cátedra. Estos documentos digitales exponen los objetivos generales, introducen los conceptos teóricos, describen los instrumentos y equipos empleados, desarrollan los procedimientos de trabajo e indican los alcances de la presentación.

Las actividades pueden incluir: Armado y calibración de equipos de ensayo e instrumentos de medición, observación de fenómenos, obtención de mediciones, entre otras.

Los informes pueden requerir procesamiento de información mesurable obtenida en los experimentos, descripción cualitativa de fenómeno, determinación de correlaciones matemáticas basadas en mediciones experimentales, establecimiento de hipótesis y argumentos, elaboración de conclusiones.

El alumno debe presentar un informe individual, cumpliendo con las actividades solicitadas en la guía, utilizando el formato establecido por la cátedra, y cumpliendo con la extensión máxima indicada.

Para la aprobación del informe, el alumno dispone de un procedimiento de trabajo. Luego de la puesta a disposición de la guía, el docente realiza una instancia de explicación de las actividades. A partir de ese momento, el alumno cuenta con dos semanas para el desarrollo y entrega del informe. Tras la primera instancia de evaluación, se indica al alumno si el informe cumple con las condiciones de aprobación o si debe reelaborarlo. Esta última instancia de entrega cuenta con un tiempo límite de una semana. El alumno dispone de una clase de consulta semanal.

La situación planteada en el año 2020, obligó la modificación de la metodología de ejecución y entrega de los trabajos.

Las actividades se desarrollaron de forma virtual. Para la ejecución de actividades, se emplearon herramientas web, simuladores virtuales, programas de cálculo de uso profesional en sus versiones de uso libre. Los informes se presentaron de forma virtual, empleando el campus de la FRSF-UTN. Las correcciones y devoluciones de informes se realizaron de forma virtual, al igual que las encuestas de cierre de actividad.

3.3. Encuesta de mejora continua aplicada a los alumnos

Una vez determinado que el grupo estudiado nunca fue evaluado por competencias, el interés de la investigación se enfocó en la valoración que los alumnos le otorgan a esta metodología. Para establecer un punto de comparación, los mismos informes fueron calificados con una nota porcentual y un listado de insuficiencias.

La calificación porcentual se presentó como una nota de 0 a 100 contrastable con los objetivos de aprobación de cursado (50) y aprobación directa (75) establecidos en el reglamento de la cátedra.

El listado de insuficiencias se redactó como una lista de requerimientos correspondientes a cada informe presentado.

El modelo de encuesta se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Modelo de encuesta de opinión.

De las tres devoluciones recibidas (marque con una x solo una respuesta por pregunta)	Nota Porcentual	Insuficiencias	Competencias
Pregunta 1: ¿Cuál considera que realiza mayor aporte a su desarrollo como estudiante y futuro profesional?			
Pregunta 2: ¿Cuál es la más clara de interpretar?			
Pregunta 3: ¿Cuál considera más útil a la hora de afrontar los objetivos que tiene sobre la materia? (Aprobación de Cursado y/o Aprobación Directa)			

4. IMPLEMENTACIÓN**4.1. Diseño de la evaluación de competencias por rúbricas****4.1.1. Primera Etapa:**

Para la implementación se escogió la guía de trabajos prácticos Calorimetría. Luego de considerar la conformación general de las actividades se realizaron modificaciones para adaptarlas. El rediseño se orientó a la utilización de herramientas virtuales y a incentivar la investigación y producción de textos argumentativos, correlacionando conceptos teóricos y experiencias de la vida cotidiana.

La nueva guía solicitó al alumno ingresar la página web “Laboratorio Virtual” (Hurtado Fernández, 2015), que simula un experimento de calorimetría. Siguiendo un procedimiento detallado, el estudiante debió realizar mediciones, que permitieron calcular el calor específico de diversas sustancias [14].

Como actividad de investigación y producción, se solicitó:

“Considere tener un recipiente de bebida a temperatura ambiente, que desea enfriar para su consumo. Caracterizando el embace y el contenido, realice una descripción empelando los conceptos teóricos de termodinámica e indicando los procesos que suceden. Tenga en cuenta que la descripción debe ser clara, incluso para un lector con escasos conocimientos de la materia. El texto no debe exceder las 500 palabras y puede contener hasta tres imágenes de apoyo.

Recomendaciones: Antes de iniciar la producción escrita, lea el contenido de las unidades temáticas correspondientes a Termodinámica. Lea las instrucciones para el uso del formato estándar para la presentación de Trabajos Prácticos.” [15].

Para estas actividades, se identificaron competencias de manifestación probable, teniendo en cuenta aquellas que el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI, 2006) ha establecido como genéricas del egresado de las carreras ingeniería (ver Tabla 2) [16].

Luego de identificar las competencias asociadas con las actividades encomendadas a los alumnos, se escogieron cinco competencias consideradas preponderantes (marcadas en azul, en la Tabla II). Esta limitación se realizó con el objetivo de priorizar la dinámica en la corrección

TABLA 2. Competencias establecidas por el CONFEDI (2006) para los egresados de las carreras de ingeniería. En azul, las competencias que se consideraron preponderantes para el TP seleccionado.

Competencias CONFEDI preseleccionadas	Competencias CONFEDI no preseleccionadas
<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas ● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica ● Capacidad para organizar y planificar el tiempo ● Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión ● Capacidad de comunicación oral y escrita ● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) ● Capacidad de investigación ● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas ● Capacidad para actuar en nuevas situaciones ● Capacidad creativa 	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de comunicación en un segundo idioma ● Capacidad para tomar decisiones ● Capacidad de trabajo en equipo ● Habilidades interpersonales ● Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes ● Compromiso con la preservación del medio ambiente ● Compromiso con su medio socio-cultural ● Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad ● Habilidad para trabajar en contextos internacionales ● Habilidad para trabajar en forma autónoma ● Capacidad para formular y gestionar proyectos ● Compromiso ético ● Compromiso con la calidad ● Responsabilidad social y compromiso ciudadano ● Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente ● Capacidad crítica y autocrítica

4.1.2. Segunda Etapa:

Basados en la información recolectada en los ciclos lectivos 2018 y 2019, se optó por la confección de seis rúbricas por cada una de las cinco competencias seleccionadas. Las rúbricas se conformaron teniendo en cuenta las siguientes características:

TABLA 3. Competencias seleccionadas y esquema de aspectos a detectar mediante rúbricas.

Competencia	Aspectos considerados para el diseño de las rúbricas:
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	Detectar la presencia de ecuaciones básicas, desarrollo de ecuaciones, aplicación de conceptos teóricos a la práctica, interpretación correcta de variables y obtención de valores razonables de cálculo.

Capacidad de investigación.	de	Detectar si el alumno ha investigado y transcripto, información de fuentes técnicas y académica, presentando las referencias correspondientes. Detectar si el alumno ha presentado información gráfica proveniente de fuentes externas. Observar los conceptos introducidos en la producción escrita, determinando presencia de errores de interpretación y expresión.
Capacidad de comunicación escrita.	de	Determinar si las formas de expresión son adecuadas, con tiempos verbales correctos, signos de puntuación apropiados, con grado de manifestación de los rasgos propios del lenguaje académico y el lenguaje técnico. Observar si las estructuras de redacción son apropiadas, identificando claramente un inicio, desarrollo y cierre.
Habilidades en el uso de TIC.		Identificar la aplicación de herramientas informáticas, vinculando el grado de manifestación, con el nivel de desarrollo y calidad de los resultados (ejemplos: post-procesado de imágenes, elaboración de gráficos, tablas, utilización de opciones en el procesamiento de texto, inclusión de fotografías propias o extraídas de fuentes externas). Asignar a los niveles básicos de uso del procesador de texto, la utilización del formato estándar.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.		Determinar si los conceptos de las unidades temáticas están correctamente aplicados a lo largo de la producción escrita. Detectar si expresa los ámbitos de manifestación de los fenómenos, alcances y limitaciones. Observar si argumenta por comparación, y si las comparaciones son adecuadas y están correctamente aplicadas.

4.1.3. Tercera Etapa:

Se elaboraron las siguientes rúbricas en una tabla de doble entrada (Tabla 4), empleando tres niveles de manifestación.

TABLA 4. Tabla de doble entrada para la implementación de la evaluación de competencias mediante rúbricas.

COMPETENCIA	RÚBRICA	MANIFIESTADA		
		SI	+/-	NO
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	Expresa las ecuaciones de trabajo			
	Interpreta correctamente las variables			
	Los valores obtenidos son razonables			
Capacidad de investigación	Compara alternativas a la consigna			
	Expresa información técnica precisa			
	Certeza en conceptos (sin errores)			
	Presenta infografía de elaboración ajena			
	Presenta referencias de infografía utilizada			
Capacidad de comunicación escrita	Declara las referencias bibliográficas			
	Presenta una introducción , desarrollo y cierre			
	Presenta signos de puntuación adecuada			
	El texto es conciso			
	Emplea lenguaje técnico			
Habilidades en el uso de las TIC	Emplea lenguaje académico			
	Los tiempos verbales son correctos			
	Uso adecuado de procesador de texto			
	Organización adecuada del espacio			
	Utiliza otras herramientas informáticas			
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	Las imágenes son correlativas al tema			
	Las imágenes están vinculadas al texto			
	Las imágenes son de producción propia			
	Explica el concepto Calor			
	Explica los fenómenos manifestados			
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	Introduce conceptos físicos introducidos (es autocontenido)			
	Describe adecuadamente el funcionamiento del sistema			
	Manifiesta los ámbitos de aplicación			
	Compara con otras opciones			

4.1.4. Cuarta Etapa:

La metodología de evaluación por competencias se aplicó a 70 informes correspondientes al Trabajo Práctico Calorimetría, de alumnos de Física pertenecientes al segundo nivel de la carrera de Ingeniería Industrial de la FRSF-UTN.

Para mejorar la comprensión de los resultados de la manifestación de rúbricas, se convirtieron las observaciones a un valor numérico, otorgándole a "Sí" el valor de 1 punto, a "No" el valor de 0

puntos, y a “+/-” el valor de 0,5 puntos. Luego se totalizó el puntaje de manifestación de cada competencia y se determinó el valor porcentual.

Los resultados de cada alumno se compararon con los valores medios, mínimos, máximos y más frecuentes (moda) de la muestra. En la Tabla 5 se observa un ejemplo de la devolución realizada a tres alumnos con distintos desempeños. La Figura 1 corresponde a la representación gráfica del resultado de cada alumno.

TABLA 5. Ejemplo de resultados de manifestación de competencias de tres alumnos comparados con el desempeño del total de la muestra. Los colores de las columnas corresponden a los colores de la Figura 1.

Gráficos comparativos	Promedio muestra	Mínimo de la muestra	Máximo muestra	Moda muestra	Alumno: 5	Alumno: 20	Alumno: 25
A- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	87%	33%	100%	100%	75%	100%	92%
B- Capacidad de investigación	47%	0%	100%	67%	0%	50%	92%
C- Capacidad de comunicación escrita	78%	17%	100%	100%	50%	100%	100%
D- Habilidades en el uso de las TIC	54%	0%	100%	33%	25%	92%	83%
E- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	61%	8%	100%	83%	25%	75%	100%

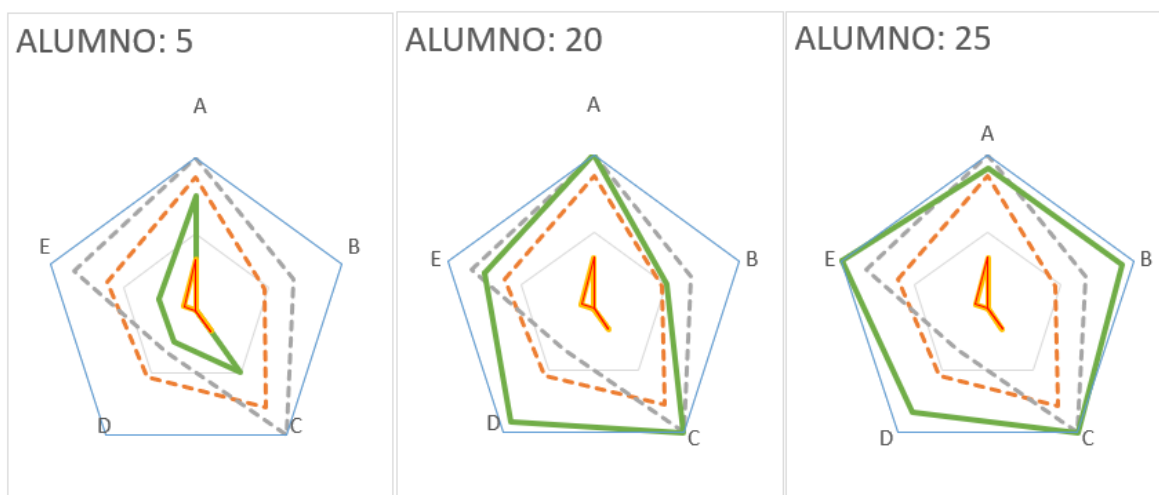


FIGURA 1. Manifestación de competencias de alumnos, correspondientes a los valores indicados en la Tabla V.

4.1.5. Quinta etapa:

Se realizó la encuesta un mes después de la aceptación de la versión corregida del informe. De los 70 alumnos, 31 respondieron la encuesta. La Tabla 6 y la Figura 2 muestran los resultados obtenidos.

TABLA 6. Resultado de las encuestas a los alumnos.

De las tres devoluciones recibidas:	Nota Porcentual	Insuficiencias	Competencias
Pregunta 1: ¿Cuál considera que realiza mayor aporte a su desarrollo como estudiante y futuro profesional?	0%	61%	39%
Pregunta 2: ¿Cuál es la más clara de interpretar?	42%	52%	6%
Pregunta 3: ¿Cuál considera más útil a la hora de afrontar los objetivos que tiene sobre la materia? (Aprobación de Cursado y/o Aprobación Directa)	42%	55%	3%

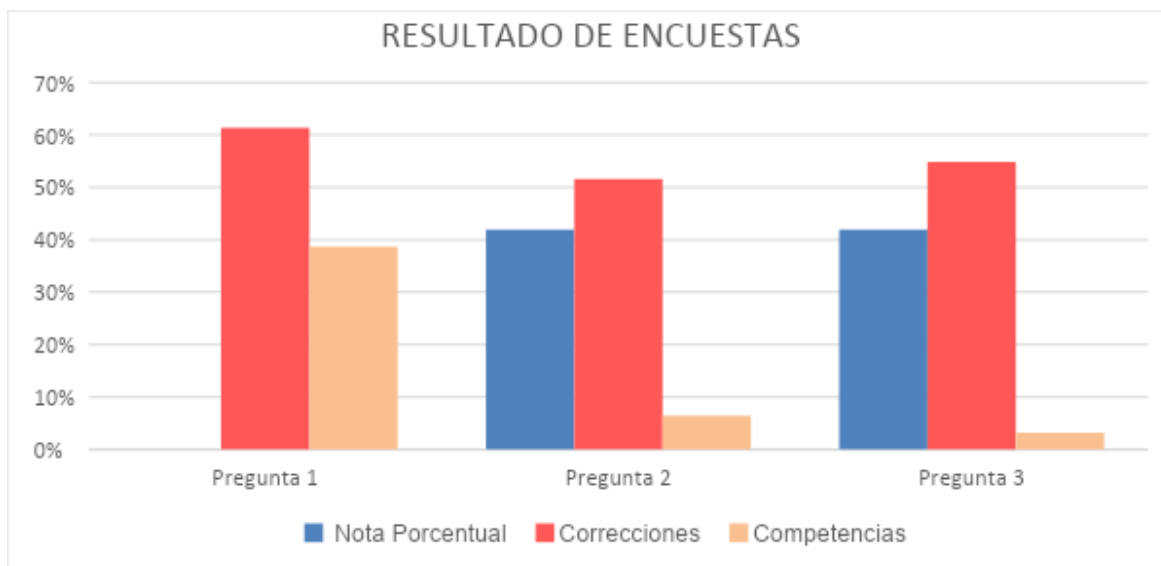


FIGURA 2. Resultados de las encuestas realizadas a los alumnos.

Los resultados obtenidos nos permiten realizar las siguientes hipótesis de trabajo, para continuar el proceso de mejora continua y establecer nuevos estudios en ciclos posteriores:

Hipótesis 1: La valoración asignada a la **nota porcentual** puede estar relacionada con las condiciones de aprobación de la materia.

Hipótesis 2: La valoración asignada a la evaluación con **listado de insuficiencias**, puede asociarse a la claridad de las correcciones requeridas para la reelaboración del informe.

Hipótesis 3: La baja valoración de la **evaluación por competencias**, puede vincularse con el desconocimiento sobre el formato de evaluación y sus objetivos.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de la encuesta realizada a los alumnos, reflejados en la Tabla 6, indican que otorgan mayor valoración a las devoluciones realizadas como **listado de insuficiencias**.

Los alumnos de Ingeniería Industrial han manifestado que la **evaluación por competencias** (39%) tiene un mayor aporte que la **calificación porcentual** (0%), como herramienta formadora del perfil de estudiante y futuro profesional.

Al considerar su claridad de interpretación, la **calificación porcentual** (42%) ha sido valorada por sobre la **evaluación por competencia** (6%).

Observando sus objetivos personales en la materia (Aprobación de Cursado y/o aprobación directa), los alumnos han considerado más útil la **calificación porcentual** (42%) por sobre la **evaluación por competencias** (3%).

Estos resultados indican que los alumnos no han preferido la **evaluación por competencias**, comparándola con otras formas de evaluación actualmente implementadas.

En el caso de la retroalimentación por **listados de insuficiencias**, su predilección puede estar asociada a la inmediata detección de los requerimientos para la aprobación del informe presentado.

La preferencia por la **calificación porcentual**, puede asociarse a la claridad con la que el alumno contrasta su desempeño frente a sus objetivos de cursado (notas requeridas). Es necesario realizar estudios que permitan corroborar estas hipótesis.

Es importante seguir escuchando las opiniones de los estudiantes, con el objetivo de mejorar la metodología, ofreciendo conceptos claros de aplicación, así como difundiendo los beneficios a futuro que ofrece la evaluación por competencias.

6. REFERENCIAS.

[1,16] CONFEDI (2006). "Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina". Informe taller CONFEDI. Presentado Villa Carlos Paz, Argentina. https://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/academica/carreras/apoyo/Competencias_CONFEDI. 45 pág. Córdoba, Argentina.

[2,3,8,9] Mertler, C. A. (2000). "Designing scoring rubrics for your classroom. Practical Assessment, Research & Evaluation". Bowling Green State University.

DOI: <https://doi.org/10.7275/gcy8-0w24>.

Recuperado de:

<https://scholarworks.umass.edu/pare/vol7/iss1/25>

- [4] Spencer L. y S. Spencer (2003). "Competencias en el trabajo. Modelos para un rendimiento superior". Papers de formación Municipal, Número 57. <http://www.diba.es/fl/fitxers/pfm-057esp.PDF> 2004 Marzo 8.
- [5] Hargraves G. Working Group on Vocational Qualifications, (2002). "La revisión de las cualificaciones profesionales, 1985 a 1986: un análisis de su papel en el desarrollo de cualificaciones profesionales basadas en competencias en Inglaterra y Gales". British Journal of Educational Studies. Págs. 48.
- [6] Zabalza Beraza M. A. (2007). "El trabajo por competencias en la enseñanza universitaria". Facultad de ciencia en educación, Universidad de Santiago de Compostela. Págs.27. Santiago Compostella, España. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/poncom/2007/71100/conferencia.pdf>
- [7] Observatorio de Innovación Educativa Tecnológico de Monterrey. Reporte Edu Trends. (2015). "Educación Basada en Competencias" (Feb.2015).1-35. Recuperado de: <http://goo.gl/Mp7Yhi>
- [10] Agosta R., Gon F., Alzugaray G. (2018). "Prácticas de laboratorio, aprendizaje significativo y competencias puestas en juego en los informes escritos de los estudiantes". SIEF14. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 30, Nro. Extra. (Vol. 30, N°Extra, p.7-15). ISSN 2451-6007. Recuperado de: <https://revistas.psi.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22032>
- [11,12] Klein-Collins, R. (2012). "Competency-based degree programs in the US. Council for Adult and Experiential Learning". 2012 CAEL. Linking learning and work. Págs.52. Recuperado de: www.Cael.org. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED547416.pdf>
- [13] Gon F., Agosta R., (2020). "Método alternativo de evaluación por competencias en alumnos de Física en carreras de Ingeniería". SIEF154. ISSN 2451-6007. Aprobado para publicación.
- [14] Hurtado Fernández, S. (2015). "Laboratorio Virtual". www.labovirtual.blogspot.com/2015/06/calor-especifico.html
- [15] UDB Física, FRSF-UTN (2020). "Guía de Trabajo Práctico: Medición de Calor específico. Versión 08/04/2020".

Cambios experimentados durante el cursado virtual en tiempos de pandemia y expectativas sobre exámenes finales virtuales

Avalos Llano, Karina R.*; Sirio, Andrea A.; Screpnik, Claudia R.

*Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste.
Sargento Cabral 2131, W3402 BKG, Corrientes (Argentina)
karina.avalos@comunidad.unne.edu.ar*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°2**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/issue/view/3>

RESUMEN.

El objetivo del presente trabajo fue conocer los cambios en los hábitos sociales e individuales experimentados por los alumnos durante el cursado virtual y sus expectativas al momento de rendir los exámenes finales con modalidad a distancia en tiempos de pandemia. Se realizó una encuesta en línea a 38 alumnos de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, de 19 a 37 años de edad (34 % mujeres, 66 % hombres). El 92 % cambió sus hábitos de estudio, relacionados a los horarios, tener que estudiar solos, regresar a sus hogares de origen, compartir la computadora con los miembros de su familia, no contar con horarios fijos en algunas asignaturas, entre otras cosas. Además, el 16 % consideró que mejoró su nivel de comprensión de los temas, mientras que el 37 % pudo organizar mejor su tiempo durante el cursado puramente virtual. En cuanto a la posibilidad de rendir examen final virtual, se observó ansiedad en el 68 % de los encuestados, sumado a condiciones de interés. En resumen, los alumnos han experimentado cambios durante el cursado virtual, debiendo organizar su tiempo, su espacio de estudio, dependiendo de factores externos, como la conectividad y la disponibilidad de dispositivos tecnológicos, el cambio de lugar de residencia con los factores implicados. Se advierte que, al momento de la encuesta, no habían tenido aún exámenes finales virtuales y estaban principalmente ansiosos por pasar ese momento.

Palabras Claves: Aula virtual, Examen virtual, Emociones, Pandemia, Virtualidad.

ABSTRACT.

The objective of this paper was to take knowledge of changes in social and individual habits experienced by students during the virtual classes and their expectations at the time of taking the final evaluations with distance modality in times of pandemic. An online survey was conducted with 38 Industrial Engineering students of the Faculty of Agricultural Sciences at the National University of the Northeast, from 19 to 37 years old (34 % women, 66 % men). Ninety two percent of students changed their study habits, related to schedules, having to study on their own, returning to their homes of origin, sharing the computer with family members, not having fixed schedules in some subjects, among other things. In addition, 16 % considered that their level of understanding of the topics improved, whereas 37 % were able to better organize their time during the purely virtual classes. Regarding the possibility of taking a virtual final exam, it was observed anxiety in 68 % of the respondents, added to conditions of interest. In summary, students have experienced changes during the virtual course, having to organize their time, their study space, depending on external factors, such as connectivity and availability of technological devices, the change of place of residence with the factors involved. It is noted that, at the time of the survey, they had not yet had virtual final exams and were mainly eager to pass that moment.

Keywords: Virtual classroom, Virtual exam, Emotions, Pandemic, Virtuality.

Pensamiento estadístico: su desarrollo en alumnos de Ingeniería Industrial

Ferreri, Noemí María*; Carnevali, Graciela Haydée; Pozzo, María Isabel⁽¹⁾

*Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
Universidad Nacional de Rosario
Pellegrini 250, Rosario. nferreri@fceia.unr.edu.ar.*

*(1) Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación (IRICE),
CONICET.*

RESUMEN

El desarrollo del pensamiento estadístico es una competencia fundamental para los profesionales de la Ingeniería y en particular para los ingenieros industriales ya que los ayuda a comprender y resolver problemas que tienen lugar en los procesos de gestión y mejora de la calidad, estudio del trabajo, planificación y control de producción, entre otros.

En todos estos procesos existe variabilidad y en consecuencia, incertidumbre y el pensamiento estadístico constituye una estrategia de resolución de los problemas que se presentan en ese marco. Se apoya en los métodos estadísticos y en la probabilidad; pero trasciende a ambos, aportando el complemento empírico al conocimiento ingenieril.

El pensamiento estadístico es un pensamiento complejo y no se puede adquirir luego de un primer curso, pero es importante que en él se asienten las bases para su desarrollo: la comprensión y correcta utilización de conceptos y procedimientos estadísticos y su adecuada aplicación a la resolución de problemas.

En este trabajo se presentan las definiciones más importantes de pensamiento estadístico y se destaca la importancia de su desarrollo en la formación de los futuros ingenieros industriales. Se reseñan algunas propuestas para llevarlo a cabo y se describe la forma de trabajo en el primer curso de Estadística de Ingeniería Industrial (FCEIA, UNR), presentando, a modo de ejemplo, dos problemas que se proponen a los alumnos en distintos momentos del desarrollo de la asignatura. Se comentan también las dificultades presentadas por los alumnos en su resolución.

Palabras Claves: pensamiento estadístico, ingeniería industrial, resolución de problemas

ABSTRACT

The development of statistical thinking is a fundamental competence for engineering professionals and in particular for industrial engineers as it helps them understand and solve problems that take place in the processes of management and quality improvement, work study, planning and production control, among others.

In all these processes there is variability and consequently, uncertainty and statistical thinking constitutes a strategy for solving the problems that arise in this framework. It relies on statistical methods and probability; but it transcends both, providing the empirical complement to engineering knowledge.

In this work the most important definitions of statistical thinking are presented, the importance of its development in the training of future industrial engineers is highlighted. Some proposals to carry it out are outlined and the way of working in the first course of Industrial Engineering Statistics (FCEIA, UNR) is described, presenting, by way of example, two problems that are proposed to students at different stages of development of the subject. The difficulties presented by the students in their resolution are also discussed.

Keywords: statistical thinking, industrial engineering, problem solving

1. INTRODUCCIÓN

Los líderes más importantes de la industria, encabezados por el Dr. Deming, estadístico estadounidense difusor del concepto de calidad total (1900-1993), han insistido desde hace ya algunas décadas en la necesidad de que los ingenieros desarrollen pensamiento estadístico, para que puedan comprender y ayudar a resolver los problemas de naturaleza estadística que tienen lugar en todos los procesos. Este pensamiento es una filosofía de aprendizaje y acción, una estrategia de resolución de problemas y su desarrollo es una competencia que los futuros profesionales deben adquirir durante su formación.

En el caso particular de los ingenieros industriales, procesos como los de gestión y mejora de la calidad, estudio del trabajo, planificación y control de la producción, entre otros, constituyen las principales áreas en su desempeño profesional. En todos estos procesos existe variabilidad que es necesario controlar y los problemas que se generan en ellos deben resolverse con mínimo riesgo para que la solución sea satisfactoria para el contexto.

El proceso de resolución de problemas en presencia de variabilidad y de la incertidumbre que ella genera consta de varias etapas, todas ellas importantes para arribar a conclusiones satisfactorias, más allá de la cantidad y complejidad de procedimientos estadísticos que conlleven.

El primer paso es el planteo del problema a resolver, el cual debe delimitarse con precisión; también es importante la generación de caminos de acción que conduzcan a la solución del mismo. Si en el proceso de resolución es necesaria una investigación empírica, deben planificarse y llevarse a cabo adecuadamente la recopilación y el análisis de datos, para obtener conclusiones y relacionarlas con el contexto, interpretando correctamente los riesgos asociados. La comunicación con las áreas de incumbencia cobra importancia tanto para poder interpretar el problema como para comunicar los resultados. Durante todo el proceso, se debe tener una actitud crítica y una mentalidad abierta.

Pensando en la formación de los futuros ingenieros, desarrollar pensamiento estadístico y resolver problemas de naturaleza estadística que se dan en los diferentes procesos, debe ser el principio director de los cursos de Estadística en las todas las carreras de Ingeniería y en particular en la de Ingeniería Industrial, dado que este pensamiento es complejo y se adquiere sólo a través de un aprendizaje dirigido (Moore) [1].

Esto plantea grandes interrogantes para los docentes, entre los que se destacan:

- ¿cómo lograr que los alumnos desarrollen este pensamiento?
- ¿qué actividades deben proponerse a los alumnos con ese fin?
- ¿qué características deben presentar las actividades que se les propongan?
- ¿cómo detectar cuáles son las dificultades que persisten?

Para dar respuesta a estos interrogantes se requiere definir claramente, en primer lugar, qué se entiende por pensamiento estadístico y comprender todos los procesos de pensamiento involucrados en dicho concepto.

El presente trabajo pretende ser un aporte en relación a esta problemática. Sus objetivos son:

- presentar las principales definiciones de pensamiento estadístico y destacar la importancia de su desarrollo en la formación de los futuros ingenieros industriales.
- reseñar algunas propuestas para favorecer el desarrollo de este pensamiento y describir la que se aplica en el primer curso de Estadística para Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (FCEIA, UNR).

El trabajo se organiza en 5 secciones de las cuales esta introducción es la primera. En la Sección 2 se presentan las principales definiciones del pensamiento estadístico y en la Sección 3 se destaca la importancia de su desarrollo en la formación de los futuros ingenieros industriales. En la Sección 4 se reseñan algunas propuestas para desarrollarlo y a modo de ejemplo se describe lo que se hace el primer curso de Estadística para Ingeniería Industrial (FCEIA, UNR). Se presentan además, dos problemas que se trabajan habitualmente con los alumnos de ese curso y las dificultades más frecuentemente observadas. En la Sección 5 se esbozan algunas reflexiones y recomendaciones generales.

2. QUÉ ES EL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO.

Moore [1] define al pensamiento estadístico como un modo independiente, general y fundamental de razonar sobre datos, variabilidad y azar. Opina que el uso efectivo del razonamiento estadístico requiere considerar la relevancia de los datos observados como así también de otros datos que podrían haber sido observados, en relación al problema de interés e interpretar los resultados obtenidos en el contexto. Ben-Zvi y Garfield [2] dan una definición más detallada: sugieren que el pensamiento estadístico implica la comprensión de por qué y cómo se llevan a cabo las investigaciones estadísticas y de las principales ideas que subyacen en dichas investigaciones. Estas ideas incluyen la omnipresencia de la variabilidad y el uso de los métodos estadísticos apropiados para el análisis de los datos, como resúmenes numéricos y representaciones gráficas

Para estos autores, el pensamiento estadístico implica la comprensión de la naturaleza del muestreo, de la forma en que se realizan inferencias a partir de muestras y de la necesidad de diseñar y llevar a cabo un experimento para establecer la causalidad. Incluye la comprensión de cómo se utilizan los modelos para simular fenómenos aleatorios, de cómo se producen los datos para estimar probabilidades y de cómo, cuándo y por qué las herramientas inferenciales pueden ser de utilidad en el proceso de investigación. También incluye la habilidad para comprender y utilizar el contexto en el planteo del problema y en la elaboración de conclusiones y reconocer y comprender el proceso completo (desde la formulación de las preguntas de investigación hasta la recolección de los datos, pasando por la elección de las técnicas de análisis, la verificación de los supuestos, etc.). En la misma línea, Campos [3] sostiene que el pensamiento estadístico está ligado a la idea de evaluar globalmente un problema estadístico, comprendiendo cómo y porqué el análisis estadístico es importante. Ser capaz de pensar estadísticamente significa identificar los conceptos estadísticos envueltos en las investigaciones y en los problemas, incluyendo obviamente la variabilidad y la incertidumbre y cómo y cuándo usar apropiadamente los procedimientos de investigación. Esta competencia está íntimamente relacionada a la habilidad de explorar datos, cuestionando sus orígenes y aplicaciones, extrapolando las informaciones y planteando nuevos cuestionamientos cuando sean adecuados. Como se desprende de lo dicho, estas cuestiones están por encima de los contenidos estadísticos propiamente dichos ya que orientan su utilización satisfactoria en la resolución de problemas y por lo tanto deben estar presentes en el diseño del currículo para cualquier curso de la asignatura.

Chance [4] pone el énfasis en el proceso de recolección de los datos con todo lo que ello implica: la necesidad de poner en juego todo el conocimiento relativo al contexto del problema, las mediciones, así como la modelización y la consideración de los riesgos.

En el área de calidad, una de las primeras definiciones a la que se han ajustado algunos autores sobre pensamiento estadístico es la de la American Society of Quality (ASQ) [5], que lo define como una filosofía de aprendizaje y acción basada en tres principios fundamentales:

- Todo trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados
- La variación existe en todos los procesos
- Entender y reducir la variabilidad es la clave del éxito

Krishnamoorthi [6] define al pensamiento estadístico como el proceso que provee el conocimiento empírico al conocimiento ingenieril y lleva a una mirada más profunda de los problemas y de las soluciones. El autor pone de manifiesto la importancia de comprender los conceptos estadísticos, pensar estadísticamente y luego actuar y concibe al pensamiento estadístico como una estrategia de resolución de problemas como la difundida secuencia de Juran o el Ciclo PDCA (del inglés Plan, Do, Check, Act, es decir, Planificar, hacer, verificar, actuar) del Dr. Deming, como una filosofía diferente de los métodos estadísticos y más importante que ellos, porque los precede (Figura 1).

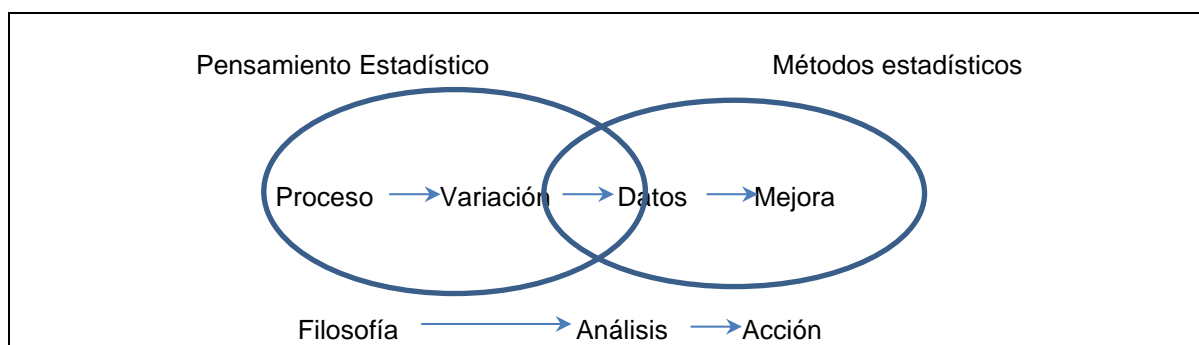


Figura 1. *Pensamiento y métodos estadísticos (adaptado de [6])*

Como se observa en la Figura 1, el pensamiento estadístico está primero y ayuda a comprender los procesos y la variación que se presenta en ellos; así como la necesidad de contar con datos para estudiarlos, comprenderlos y mejorarlos. Luego están los métodos estadísticos. En síntesis, se puede decir que el pensamiento estadístico se apoya en la teoría y los métodos estadísticos y los trasciende combinándolos con información de contexto en el proceso de resolución de problemas. Este enfoque lo convierte en un proceso de pensamiento que permite resolver problemas donde está presente la variabilidad y por consiguiente la incertidumbre, donde es necesario inferir resultados, contextualizarlos y comunicarlos y coincide con la idea de proceso que trabajan Wild y Pfannkuch [7]. Estos dos autores desgranar este pensamiento complejo que se pone en juego para

la resolución de problemas de naturaleza estadística con investigación empírica, en cuatro dimensiones o ciclos:

1. El ciclo investigativo, en el que se resumen las etapas a recorrer en la resolución de un problema.
2. Los tipos de pensamiento puestos en juego en la resolución.
3. El ciclo interrogativo, en el que pone de manifiesto la actitud crítica que debe tenerse en todo momento.
4. Las actitudes que no deben faltar en la resolución del problema.

A continuación se describe más detalladamente a cada una de las dimensiones.

Dimensión 1: El Ciclo Investigativo (o ciclo PPDAC)

En este ciclo se resumen las etapas para la solución de un problema estadístico inherente a una problemática real, comenzando desde el planteo mismo del problema a resolver (Figura 2).

P (Planteo del Problema): Se plantea y formula correcta y completamente un problema, que es susceptible de resolverse a partir de la recolección de datos pertinentes. Esto involucra la definición de poblaciones, variables y parámetros de interés, entre otras cuestiones.

P (Planificación del estudio estadístico): Se planifica el estudio estadístico, es decir, se diseña la recogida de datos y los análisis que deberán llevarse a cabo. En esta etapa se decide si se va a trabajar con una población o una muestra, si el estudio va a ser experimental u observacional, la cantidad de unidades que se relevarán, cómo se medirán las variables, etc.

D (Recolección de los Datos): Se lleva a cabo la recogida de los datos, que luego se analizarán. En esta etapa es importante garantizar la trazabilidad de los mismos, cuando sea posible.

A (Análisis de los Datos): Se realizan análisis estadísticos tanto descriptivos como inferenciales con técnicas correctamente aplicadas a partir de la verificación previa del cumplimiento de los requisitos necesarios para su aplicación.

C (Elaboración de las Conclusiones): Se obtienen las conclusiones a partir de la información resultante de las etapas anteriores y se las relaciona con el contexto.

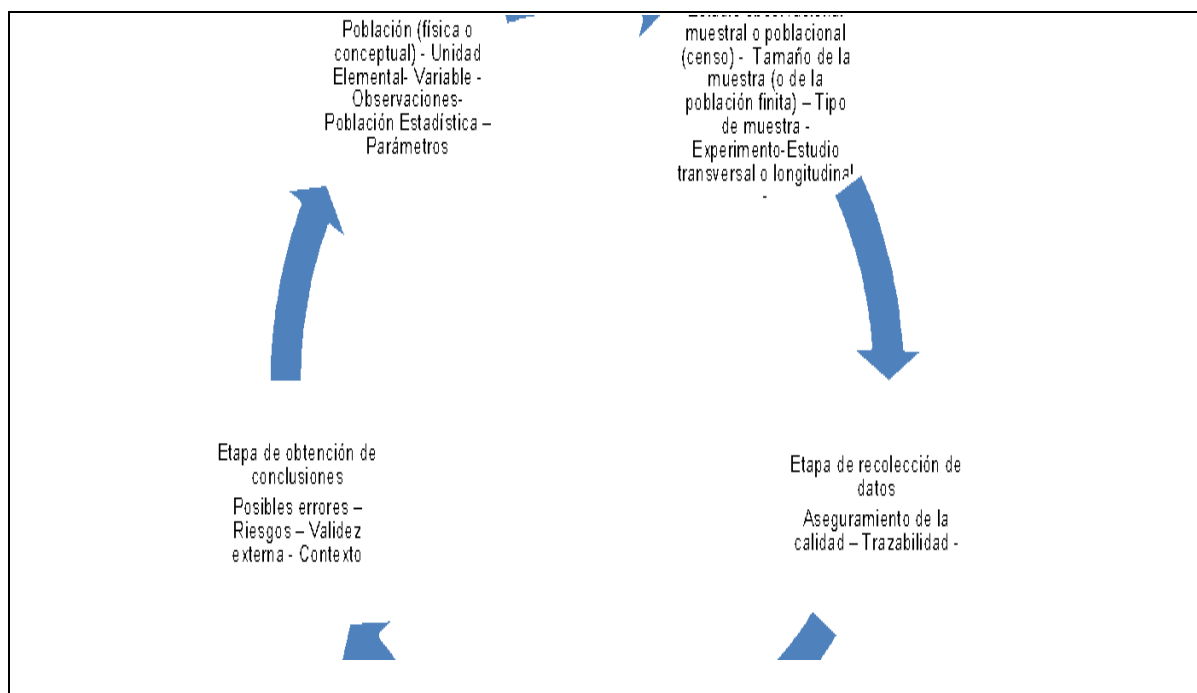


Figura 2. Esquema del Ciclo Investigativo PPDAC, Primera Dimensión

Dimensión 2: Tipos de Pensamiento

Los tipos de pensamiento que se ponen en juego están categorizados según Wild y Pfannkuch [7] en generales y fundamentales. Sobre estos descansan los fundamentos del pensamiento estadístico. Dentro de los primeros se encuentran la modelización y la búsqueda de explicaciones, la aplicación de las técnicas pertinentes y el empleo de estrategias para encontrar los caminos de acción que lleven a las conclusiones correspondientes entre otros. Dentro de los tipos fundamentales de pensamiento se encuentra la consideración de la variabilidad, el reconocimiento de la necesidad de los datos, la transnumeración y el razonamiento con modelos.

Dimensión 3: El Ciclo Interrogativo

Es sumamente importante estar atentos en todas las etapas y analizar si cada una de las herramientas utilizadas es la correcta, si los requerimientos para aplicarlas se verifican, si los

modelos de las variables son los que se suponen, etc. Es decir, hacer un examen crítico de la producción de ideas, lo cual habilita un nuevo ciclo en el cual se generan diferentes posibilidades, se busca información, se interpreta lo obtenido, se critica y juzga. Este pensamiento crítico debe estar presente en cada uno de los pasos de las etapas del ciclo PPDAC.

Dimensión 4. Disposiciones

En esta última dimensión, tan importante como las demás, se destacan la imaginación y la creatividad, entre otras actitudes y aptitudes que se ponen en juego a la hora de emprender la resolución de cualquier problema de naturaleza estadística.

El pensamiento estadístico es un pensamiento complejo que se nutre de conceptos, actitudes y procedimientos para resolver problemas de naturaleza estadística. El Ciclo PPDAC, primera dimensión considerada por Wild y Pfannkuch [7], es la base del proceso de resolución pero, al ir transitando las diferentes etapas se van presentando elementos de las dimensiones restantes: las preguntas críticas que deben plantearse, los razonamientos, las actitudes y disposiciones. Es importante tener la mente abierta para pensar distintos caminos posibles y tener presente que la solución de un problema puede dar lugar a otros, ser perseverante y comprometido con el logro de los objetivos finales y siempre mantener la lógica en las acciones que se lleven a cabo. Behar Gutiérrez [8] repasa las definiciones de pensamiento estadístico y afirma que este tiene la acepción de algo permanente que forma parte de nuestra lógica corriente, trasciende la lógica determinística y la complementa con nuevos elementos eficientes en situaciones de variabilidad e incertidumbre.

3. POR QUÉ ES IMPORTANTE DESARROLLAR PENSAMIENTO ESTADÍSTICO EN LOS FUTUROS INGENIEROS INDUSTRIALES

La importancia de la Estadística y del pensamiento estadístico en el bagaje cultural de los ciudadanos, de los profesionales y en particular de los ingenieros es ya incuestionable, por lo que es imprescindible comenzar su desarrollo desde edad temprana.

La Estadística brinda herramientas para recolectar datos y transformarlos en información de interés. La educación estadística orientada al desarrollo del pensamiento estadístico permite leer y comprender la información presentada en textos, tablas y gráficos estadísticos que aparecen frecuentemente en medios de comunicación y fomenta el razonamiento crítico respecto de la misma. También aporta una metodología investigativa que ayuda a la producción de información útil, hace hincapié en la exploración de resultados más precisos, en la necesidad de fundamentar las afirmaciones, en el razonamiento crítico basado en evidencias objetivas y en el gran poder de síntesis (Toapanta-Toapanta y otros) [9].

En áreas como Medicina, Farmacología, Sociología, Ingeniería, Economía, etc. la Estadística y el pensamiento estadístico resultan de suma importancia, ya que se emplean cada vez con mayor frecuencia en la metodología de las investigaciones que se llevan a cabo, tanto en las fases de planteo del problema y de planeación de la investigación, como en la interpretación y el análisis de la información obtenida en ella (Méndez Ramírez) [10]. En el caso particular de la Ingeniería, los profesionales deben tener la habilidad de analizar, modelar, experimentar y resolver problemas de diseño, de soluciones abiertas y de enfoque multidisciplinario, el liderazgo y fluidez en la comunicación oral y escrita (CONFEDI, 2017) [11] en relación a una gran variedad de procesos entre los que pueden mencionarse la producción y la distribución de energía; la producción de maquinarias y equipos para la industria, de materiales para todo tipo de construcciones y de todo tipo de bienes y servicios. La Estadística y el pensamiento estadístico resultan clave para llevar adelante exitosamente estas actividades.

4. CÓMO DESARROLLAR PENSAMIENTO ESTADÍSTICO EN LOS FUTUROS INGENIEROS INDUSTRIALES.

4.1. Algunas propuestas

En relación a la enseñanza de la Estadística y al desarrollo del pensamiento estadístico, Moore [12] recomienda en un primer curso introducir la producción y el análisis de datos y la inferencia, sin tantas fórmulas y cálculos y presenta una lista de elementos contenidos en el pensamiento estadístico, aprobados por el Board of the American Statistical Association (ASA):

- La necesidad de los datos
- La importancia de la producción de datos
- La omnipresencia de la variabilidad
- La medición y modelamiento de la variabilidad.

En el proyecto GAISE (Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education) (American Statistical Association Revision Committee) [13] se indica que para que los alumnos sean capaces de razonar estadísticamente se requiere que comprendan algunos aspectos de la Estadística como la necesidad de los datos, la importancia de generar buenos datos, la presencia de la variabilidad,

la cuantificación y explicación de la variabilidad y el manejo de modelos frecuentes. Por eso, se requiere que en los cursos haya más conceptos y menos fórmulas y se fomente un aprendizaje activo, como lo manifiesta también Gea [14].

La mayoría de los autores destaca la necesidad y la importancia de resolver frecuentemente problemas de naturaleza estadística en contextos conocidos de aplicación. Por ejemplo, Fuentes Leyva [15] opina que aplicar la Estadística a problemas concretos de la realidad y del interés de la profesión es penetrar en la esencia misma del descubrimiento de los conocimientos, con lo que se logra una mayor solidez en la asimilación de conocimientos. Para Batanero [16] y Berrio Díaz y otros [17] la enseñanza de la Estadística se debe iniciar con problemas reales para que los estudiantes puedan exponer y desarrollar sus ideas y recorrer las diferentes etapas que conlleva la resolución de un problema real. Esto implica planificar la solución, recoger buenos datos y analizarlos adecuadamente, comprobar las hipótesis iniciales y tomar una decisión en consecuencia.

Campos [3] cita algunas acciones para fomentar las competencias estadísticas, entre ellas:

- Trabajar con datos reales
- Relacionar los datos con el contexto en que están inmersos
- Orientar a los alumnos para que interpreten los resultados
- Permitir que los estudiantes trabajen juntos (en grupo) y que critiquen las interpretaciones de otros, así favorecer el debate de ideas.
- Promover argumentos sobre la validez de las conclusiones, es decir, compartir con los colegas las conclusiones y las justificaciones presentadas.

Es importante recalcar que cuando se habla de la resolución de problemas, no sólo se busca que los alumnos encuentren la solución adecuada, sino también que transiten todas las etapas de manera crítica y coherente. Es decir, que la resolución del problema se encare como un proceso global y creativo en el que se aprende en cada una de sus etapas. Además, no hay que descuidar la comprensión y la utilización correcta de todos los conceptos estadísticos, especialmente el de variabilidad y el de incertidumbre que vincula a la Estadística con la Teoría de la Probabilidad.

El estudiante debe poder formular preguntas a responder con la obtención de los datos correctos, formular teorías a probar a través de metodologías y herramientas apropiadas y poner en contexto las conclusiones obtenidas, para lo que debe conocer profundamente el proceso en el que trabaja. También debe poder comunicar con un lenguaje apropiado todo lo hallado.

La resolución de un problema estadístico que necesita de una investigación empírica, se puede visualizar como un proceso cíclico, como, por ejemplo, el que aportan Wild y Pfannkuch [7]. Como se dijo previamente, este consta de las etapas Planteo del problema, Planificación de la resolución del problema, obtención de los Datos, el Análisis de los mismos y la obtención de Conclusiones estadísticas y en contexto (Ciclo PPDAC), las cuales junto a las restantes dimensiones presentes a la hora de pensar estadísticamente, hacen a cuidar la validez tanto interna como externa del proceso al que debe enfrentarse cualquier persona que quiera resolver un problema de naturaleza estadística.

El pensamiento estadístico es una competencia cuyo desarrollo debe proyectarse a largo plazo, se va adquiriendo gradualmente y es por esto que debe hacerse desde los primeros cursos, incluyendo a lo largo de los mismos conceptos y actividades que aporten al desarrollo del mismo. El alumno de Ingeniería Industrial debe formarse para ser generador de investigaciones que produzcan información estadística de calidad para ser utilizada en el área de trabajo en que se especialice y no solamente para ser consumidor de la misma. Esta propuesta supone un estudiante activo y comprometido, capaz de utilizar recursos informáticos; pero sobre todo, de reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje.

4.2. El desarrollo del pensamiento estadístico en el primer curso de Estadística para Ingeniería Industrial en FCEIA, UNR

En el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, FCEIA, UNR, se incluyen dos cursos de Estadística. En el primero de ellos, los contenidos a desarrollar son similares a los que se consideran en otras carreras e incluyen análisis de datos muestrales, nociones básicas de probabilidad, variables aleatorias y sus distribuciones más frecuentes, muestreo aleatorio, estadísticos y sus distribuciones muestrales e inferencia estadística, es decir conceptos y procedimientos básicos de la disciplina. Para favorecer el desarrollo del pensamiento estadístico, los objetivos del curso se centran en incorporar estos contenidos a partir de la resolución de problemas afines a la Ingeniería Industrial. El proceso de resolución de problemas, con los elementos de las demás dimensiones señaladas, se constituye en el eje del curso, siempre apoyado en la correcta comprensión y en la aplicación progresiva de los conceptos estadísticos, como así también de las herramientas y los métodos de la disciplina, ambos pilares igualmente importantes en el desarrollo del pensamiento estadístico.

Se proponen actividades de resolución de problemas o de alguna de sus etapas donde el objetivo es que el alumno vaya adquiriendo en forma gradual los conceptos y procedimientos estadísticos, siempre asociados a las etapas que debe recorrer en el proceso de resolución y poniendo en juego

elementos de las otras dimensiones. Algunas de estas actividades son individuales y otras son grupales para promover la interacción entre los alumnos, sociabilizando los conocimientos adquiridos para favorecer el aprendizaje general. En las actividades que se toman inicialmente, las tareas se solicitan explícitamente (por ejemplo “calcule los parámetros correspondientes”), mientras que en las actividades que se toman a medida que el curso avanza, debe ser el alumno el que decida las tareas a realizar para la resolución de los problemas propuestos. Es decir que paulatinamente las tareas que deben realizarse van dejando de ser pautadas para dar lugar a que el alumno tome el control y trabaje de manera autónoma. En los conceptos y procedimientos estadísticos va profundizándose su aplicación, desde una simple presentación con la simbología adecuada y su interpretación hasta su utilización en contextos adecuados.

Una vez aplicadas, en cada una de estas actividades se hace una detección de dificultades que se trabajan posteriormente, tanto en clases como en próximas actividades. Para cada una de ellas se hace una puesta en común donde se discuten los distintos caminos de acción seguidos y las conclusiones obtenidas.

Se muestran a continuación dos ejemplos de estas actividades, diseñadas a partir de un conjunto de indicadores elaborados por las autoras del presente trabajo y propuestos en Carnevali y otros [18, 19]. Estos indicadores no sólo fueron útiles en el diseño de los problemas, sino también en la evaluación de las resoluciones por parte de los alumnos. El primer problema es de comienzos del curso, donde se pueden apreciar las consignas solicitadas y el segundo es de fines del curso, donde el alumno decide las tareas a realizar. Se describen al final de cada uno las dificultades presentadas en el curso de 2018.

4.2.1. Problema 1

En este primer problema se presenta una distribución de probabilidades correspondiente al número de imperfecciones por pieza (X), para las piezas provenientes del proveedor habitual de una empresa. En la primera parte, se solicita identificar población y variable y graficar la distribución; también obtener e interpretar medidas de resumen de dicha distribución y señalar que se trata de parámetros por cuanto se asocian a una población. En la segunda parte, aparece un posible nuevo proveedor que afirma que sus piezas son mejores. Se solicita indicar todos los pasos a seguir para ver si esta afirmación es razonable, es decir, mencionar las etapas del ciclo investigativo PPDAC.

El problema se puede proponer a los alumnos cuando ya se han presentado los conceptos de Estadística Descriptiva y Distribuciones de Probabilidad. La idea es que los alumnos sigan reflexionando sobre el ciclo investigativo y puedan pensar alguna de sus etapas, aunque no todas se hayan presentado aún. En el trabajo de Carnevali y otros [20] se hace un análisis de la resolución de este problema en uno de los cursos.

En la Tabla 1 se presentan el enunciado propuesto, las consignas y los datos brindados a los alumnos para que puedan responderlas.

En el curso del año 2018, las dificultades más frecuentes se presentaron en el cálculo e interpretación de los parámetros: casi la mitad de los alumnos (40/82) no pudieron completar la tarea, calculando solamente la media poblacional (y no la media y el desvío estándar) o calculando la media poblacional y el desvío estándar poblacional con la fórmula para la desviación estándar muestral. También se observaron dificultades en la interpretación en contexto, tanto de los parámetros del modelo como de una de las probabilidades obtenidas a partir del mismo, pero en menor proporción (7/82).

En el gráfico a bastones (correspondiente a una distribución de probabilidad de variable discreta) se presentaron errores en la escala elegida y en el uso de barras en vez de líneas (9/82 alumnos).

Con respecto a la segunda parte donde era necesario recorrer las etapas del ciclo PPDAC, más de la mitad de los alumnos (61/82) lo hicieron en forma incompleta, es decir que no pudieron transitar todas las etapas, sobre todo la de inferencia estadística y una proporción mucho menor de alumnos (11/82) no tuvieron en cuenta el contexto para elaborar las conclusiones.

4.2.2. Problema 2

En este segundo problema se describe lo ocurrido en un proceso en el que se produjeron modificaciones y se requiere saber si luego de las mismas habrá que realizar ajustes o no.

Se trata de un problema que se puede proponer hacia el final del curso, cuando ya se han presentado las herramientas inferenciales, aunque también puede proponerse con anterioridad, para que los alumnos vayan llevando a cabo las primeras etapas del ciclo investigativo PPDAC.

Problemas de este tipo se pueden considerar “casos recortados a los contenidos del curso”. Se proponen para ser resueltos en grupo y fuera del horario de clase.

Tabla 1. *Enunciado, consignas e información brindada a los alumnos. Problemas 1 y 2*

Problema	Enunciado del problema	Consignas/Preguntas	Información brindada a los alumnos										
1	<p>En una empresa utilizan una determinada pieza en la producción de sus artículos, que compran habitualmente a un cierto proveedor. A la calidad de dichas piezas la evalúan a través del número de imperfecciones y consideran piezas buenas a aquellas que posean a lo sumo una imperfección.</p> <p>La empresa opera desde hace mucho tiempo con este proveedor y por experiencia conoce que el número de imperfecciones que presentan las piezas es una variable aleatoria de la que se conoce su distribución de probabilidades.</p>	<p>Primera parte:</p> <p>a) Defina la población física y la variable aleatoria. Clasifíquela.</p> <p>b) Grafique la distribución de la variable.</p> <p>c) Interprete el valor 0,2 en términos del problema.</p> <p>d) Calcule e interprete el promedio y el desvío estándar de la distribución.</p> <p>e) Los valores calculados en el ítem d), ¿son parámetros o estadísticos? Justifique su respuesta.</p> <p>Segunda parte:</p> <p>Un nuevo proveedor se ha presentado en la empresa y afirma que sus piezas son mejores que las del proveedor habitual en relación a la variable en estudio. ¿Qué haría Ud. para verificar o rechazar dicha afirmación? Explique claramente.</p>	<p>Distribución de probabilidad del n° de imperfecciones por pieza (X)</p> <table> <thead> <tr> <th>Valores (x)</th> <th>$p_x(x)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>	Valores (x)	$p_x(x)$	0	0,70	1	0,20	2	0,08	3	0,02
Valores (x)	$p_x(x)$												
0	0,70												
1	0,20												
2	0,08												
3	0,02												
2	<p>Una empresa produce diferentes tipos de piezas metálicas para la industria.</p> <p>Para una de las piezas en particular, la característica más importante es su longitud (en mm), la cual debe satisfacer las especificaciones (30 +/- 5). El principal comprador de este tipo de piezas admite, como máximo un 3 % de piezas fuera de especificaciones.</p> <p>Por experiencia se conoce que la longitud de ese tipo de piezas puede distribuirse normalmente con $\mu = 30$ mm y $\sigma = 1,3$ mm. Sin embargo, hubo que realizar una serie de modificaciones en el proceso y los ingenieros sospechan que después de las mismas la longitud promedio aumentó.</p> <p>En la Gerencia consideran que si después de estas modificaciones la proporción de piezas fuera de especificaciones es mayor que la máxima admitida por el cliente, deberán realizarse nuevos ajustes.</p>	<p>¿Serán necesarios estos nuevos ajustes?</p>	<p>Se toma una muestra aleatoria simple de $n = 70$ piezas, luego de las modificaciones y en cada una se mide su longitud. Los datos se presentan en el archivo Excel</p>										

Los alumnos reciben sólo una breve descripción de la situación y un archivo con los datos obtenidos. Las consignas se transforman en preguntas generales a responder. Para resolver el problema, deben comenzar por plantearlo adecuadamente y traducir dicho planteo a lenguaje estadístico. Además, realizar el análisis de los datos de la muestra, tanto descriptivo como inferencial y llegar a conclusiones coherentes con el objetivo planteado, fundamentando el análisis llevado a cabo para arribar a las mismas. Como la muestra se provee, pueden considerar si el tamaño de la misma es el adecuado, según los riesgos y la precisión de las conclusiones. Todo lo actuado deben presentarlo en un informe escrito en lenguaje apropiado. En la Tabla 1 se presentan el enunciado propuesto, la pregunta que deben responder los alumnos y los datos brindados a ellos para que puedan hacerlo.

Con respecto a las dificultades presentadas en la resolución de este problema en el año 2018, sobre 27 grupos que lo resolvieron, de unos 3 a 5 alumnos cada uno, se encontró que aproximadamente la mitad (14/27) presentaron un planteo incompleto, no definiendo claramente los parámetros de

interés; una proporción menor de grupos (5/27) presentaron herramientas de análisis descriptivo de datos que no utilizaron ni interpretaron y (3/27) presentaron conclusiones no vinculadas al contexto del problema. Respecto de las demás dimensiones del pensamiento estadístico, en general persistieron las dificultades en el trabajo con modelos, la transnumeración completa en las distintas etapas y la conexión entre lo estrictamente estadístico y el contexto; aunque se puede decir que los alumnos trabajaron bien la necesidad de los datos, la generación de caminos de acción y fueron lógicos en la resolución del problema.

En síntesis, en la resolución del primer problema y respecto a los conceptos asociados a las distribuciones de probabilidad, los errores más frecuentemente observados se refirieron a la construcción del gráfico correspondiente y a la interpretación de una probabilidad y de los restantes parámetros. En cuanto a la segunda parte, donde tenían que responder siguiendo las etapas del Ciclo PPDAC, no todos los alumnos pudieron integrarlo de manera completa.

En el segundo problema presentado se observa que la mayoría de los alumnos ya no cometió errores en la aplicación de los conceptos estadísticos, aunque respecto al ciclo PPDAC persistió la dificultad de completar apropiadamente el planteo del problema, conectando el objetivo con el conocimiento de algún parámetro.

Todos los errores observados en la resolución de estos problemas y de otros presentados a lo largo del curso, fueron trabajados en las clases y en nuevas actividades, en las que se incluyeron consignas, preguntas y tareas para ayudar a superarlos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El pensamiento estadístico se puede definir de muchas maneras, pero si se hace una síntesis de ellas se puede decir que es un pensamiento estratégico que se apoya en los conceptos y procedimientos estadísticos y se combina con información del contexto, para resolver problemas que se dan en un marco de variabilidad e incertidumbre. En esta tarea se involucran muchos procesos de pensamiento que entre otras cuestiones reconocen la necesidad de los datos y la importancia de todo el proceso de recolección de los mismos. Por todo esto su desarrollo es muy importante para los futuros profesionales de la Ingeniería y en especial para los ingenieros industriales que se involucran en una gran cantidad y variedad de procesos.

Analizando las propuestas para desarrollarlo, puede decirse que los docentes a cargo de los cursos de Estadística deben diseñar los mismos a partir de la resolución de problemas de dificultad creciente que involucren la mayor cantidad de conceptos y procedimientos estadísticos así como también más etapas del ciclo de resolución. Es importante también ir abandonando gradualmente las consignas para ir dejando a consideración del alumno las tareas pertinentes a la resolución del problema de manera autónoma. La detección de dificultades frecuentes en la resolución de cada problema resulta fundamental para el diseño de los problemas futuros.

Como se ve de los problemas presentados a modo de ejemplo y de las dificultades observadas en su resolución, la integración de las diferentes etapas del ciclo de resolución de problemas se va logrando hacia el final del curso, aunque persisten las dificultades principalmente en la etapa de planteo, lo que pone de manifiesto la necesidad de seguir trabajando en los cursos superiores.

Como reflexión final puede afirmarse que el desarrollo del pensamiento estadístico es un objetivo en el largo plazo, que no se logra con un solo curso de Estadística, especialmente cuando los alumnos cuentan con pocos conocimientos al inicio; pero para los docentes a cargo de los cursos de la disciplina, debe ser un objetivo irrenunciable. La resolución de problemas a lo largo de todo el curso favorece este desarrollo y resulta fundamental.

6. REFERENCIAS

- [1] Moore, D. (1998). "Statistics among the Liberal Arts". *Journal of the American Statistical Association*, 93(444), 1253-1259. DOI: 10.1080/01621459.1998.10473786
- [2] Ben-Zvi, D.; Garfield, J. (Eds.). (2004). *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers. Recuperado de <http://www.springer.com/br/book/9781402022777>
- [3] Campos, C. R. (2016). "La educación estadística y la educación crítica". *II Encuentro Colombiano de Educación Estocástica*. Bogotá, Colombia
- [4] Chance, B. (2002). Components of statistical thinking and implications for instruction and assesment. *Journal of Statistics Education [online]*, 10(3) Recuperado de www.amstat.org/publications/jse/v10n3/chance.html
- [5] American Society of Quality. Statistics Division (ASQ, 2004). *Glossary and Tables for Statistical Quality Control*. Recuperado de <https://asq.org/quality-press/display-item?item=E1197>
- [6] Krishnamoorthi, K. S. (2010). "Statistical Thinking for Engineers. What, Why and How?" *17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Xiamen, China.
- [7] Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). "Statistical Thinking in Empirical Enquiry". *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.

- [8] Behar Gutiérrez, R. y Grima Cintas, P. (2004). “La Estadística en la Educación Superior. ¿Formamos Pensamiento Estadístico?” *Ingeniería y Competitividad*, 5(2), 84-90.
- [9] Toapanta-Toapanta, G.; Pérez-Narváez, M.; Lema-Yungan, J. (2018). “Las competencias para el aprendizaje de la estadística en los estudiantes de educación superior (Revisión)”. *Roca. Revista Científico - Educacional De La Provincia Granma*, 14(1), 253-266
- [10] Méndez Ramírez, I. (2012). “Método Científico: Aspectos epistemológicos y metodológicos para el uso de la Estadística”. *Revista SaberEs*, 4, 3-15. Rosario, Argentina.
- [11] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería -CONFEDI- (2014). Competencias en Ingeniería, Mar del Plata.
- [12] Moore, D. (1997). “New Pedagogy and New Content: The case of Statistics”. *International Statistical Review*, 65(2), 123-165.
- [13] American Statistical Association Revision Committee (2016). Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE). College Report 2016. Recuperado de http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GaiseCollege_Full.pdf
- [14] Gea, M. M. (2014). La correlación y regresión en bachillerato: análisis de libros de texto y del conocimiento de los futuros profesores. (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada, España. Recuperado de http://www.ugr.es/~batanero/documentos/Tesis_GEA.pdf
- [15] Fuentes Leyva, J. M. (2016). “El desarrollo de habilidades para la resolución de problemas prácticos en la asignatura de Estadística”. *Revista Cubana de Educación Superior*, 35(3), 30-46.
- [16] Batanero, C. (2001). Didáctica de la Estadística. Grupo de Investigación en Educación Estadística. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada, España.
- [17] Berrio Díaz, E. y otros (2018). La resolución de problemas como estrategia didáctica para fortalecer el pensamiento estadístico en los estudiantes de Grado Quinto de la Institución Educativa Antonio Nariño. (Tesis de Maestría). Universidad Santo Tomás. Córdoba, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12030/Carrascalleonardo2018.pdf?sequence=1>
- [18] Carnevali, G.; Ferreri, N. y Medina, M. (2014). “Resolución de problemas de decisión estadística: diseño y aplicación de indicadores para su desarrollo y evaluación”. *XVIII Encuentro Nacional y X Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería*. Mar del Plata, Argentina.
- [19] Carnevali, G.; Ferreri, N. y de las Heras, L. (2017). “Uso de Indicadores para el Trabajo con Casos en el Primer Curso de Estadística para Ingeniería Industrial”. *XX Encuentro Nacional y XII Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería*. Santiago del Estero, Argentina.
- [20] Carnevali, G.; Cardone, P.; Martínez, F.; Ferreri, N. (2018). “El ciclo de resolución de problemas en un primer curso de Estadística”. *Reunión de Educación de la Unión Matemática Argentina (UMA – REM)*. La Plata, Argentina.

Estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de la ingeniería. Programa de Implementación en Carreras de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino UNSTA Tucumán – Argentina

Vargas, Esteban Mario Alejandro*; Aramayo, María Belén

Facultad de Ingeniería, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino
Av. Juan Domingo Perón 2085, T4107 Yerba Buena - Tucumán
evargas@unsta.edu.ar, mbaramayo@unsta.edu.ar

RESUMEN

El presente artículo busca exponer un programa general a mediano y largo plazo que permita sentar las bases de las diferentes estrategias y técnicas didácticas que se deben implementar en la formación de los estudiantes de Ingeniería de UNSTA. El enfoque del aprendizaje que utiliza este programa no sólo se basa en el estudiante como individuo que aprende, y el docente como facilitador de este aprendizaje, sino que incorpora a la industria y futuros empleadores como colaboradores y tutores en la revisión de las competencias requeridas para el perfil de la carrera. Articula las actividades y herramientas que acompañan este proceso, considerando que las mismas producen cambios en el estudiante y en su condición psíquica, le da formato al entorno de aprendizaje necesario para lograr la cognición individual y colectiva, y se halla orientado a la adquisición y medición de las competencias necesarias que requieren los trayectos formativos específicos que componen las carreras de ingeniería.

Palabras Claves: Educación en Ingeniería. Aprendizaje en Ingeniería. Trayectos Formativos. Competencias. Aprendizaje colaborativo.

ABSTRACT

This article seeks to expose a general program in the medium and long term that allows laying the bases of the different strategies and didactic techniques that must be implemented in the training of engineering students at UNSTA. The approach to learning that this program uses is not only based on the student as a learning individual, and the teacher as a facilitator of this learning, but also incorporates the industry and future employers as collaborators and tutors in the revision of the competencies required to the career profile. It articulates the activities and tools that accompany this process, considering that they produce changes in the student and in their psychic condition, formats the learning environment necessary to achieve individual and collective cognition, and is oriented towards acquisition and measurement of the necessary competencies required by the specific training paths that make up engineering careers.

Keywords: Engineering education. Engineering Learning. Training Paths. Competences. Collaborative learning

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este artículo es plantear un programa general que permita alinear la utilización de diferentes estrategias y técnicas didácticas como componentes fundamentales dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, que puedan implementarse especialmente en trayectos formativos específicos que producen un alto impacto en la formación del futuro ingeniero.

Se plantea la planificación, evolución del proceso enseñanza-aprendizaje, y evaluación de estos trayectos formativos con un formato que permita obtener métricas que reflejen la realidad de la adquisición o no de las competencias planteadas como objetivos de aprobación del trayecto formativo y de las asignaturas que componen el mismo.

Haber realizado una experiencia de implementación real en una asignatura específica de una carrera de ingeniería, a partir del período 2018-2019 permitió validar y ajustar este programa.

El documento se organiza del siguiente modo: luego de esta introducción, en el apartado 2 se especifican las bases del programa, en la sección 3 la metodología y etapas, en la sección 4 la aplicación del programa. Finalmente, se especifican algunas conclusiones referidas a la forma de implementación y la manera de articulación de este programa, siempre tomado como base el perfil del egresado, los diferentes trayectos formativos, las competencias esperadas, la currícula de la carrera, y la asignatura como unidad mínima de experimentación en todo este proceso

2. BASES DEL PROGRAMA – MARCO TEÓRICO

En el diseño de este programa se considera fundamental abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje con una perspectiva integradora de todos los actores que intervienen, orientado a incluir estrategias y técnicas que permitan mejorar el mismo. Adicionalmente se encuentra alineado a los nuevos requerimientos que presentan las carreras de Ingeniería en cuanto al desarrollo de competencias integradas al desarrollo de conocimientos específicos.

Requiere un trabajo en equipo institucional, incluyendo a los miembros de la conducción de la Facultad, los Directores de Carreras, los egresados, los docentes, los alumnos y las empresas demandantes de nuestros alumnos y egresados.

El diseño procura ser viable y factible de implementar, y al mismo tiempo permitir alinear la utilización de diferentes estrategias y técnicas en pos de lograr la organización y flexibilidad necesarias en el dictado de las asignaturas que componen un plan de estudio específico de una carrera. Partiendo de la noción según la cual los alumnos son personas únicas que realizan los diferentes trayectos formativos, resulta indispensable tomar en consideración sus conocimientos previos, entorno y requerimientos actuales. De este modo se podrá verificar si las competencias adquiridas en cada trayecto se encuentran alineadas e integradas con la calidad esperada del perfil profesional de la carrera.

Un aspecto a considerar es que podemos reconocer dos tipos de conocimientos que son necesarios en todo trayecto formativo: conocimientos del tipo de contenido (hechos y procedimientos) y conocimientos de orden superior tales como: estrategias de resolución de problemas, planteo de esquemas lógicos, estilos de justificación, explicación, experimentación, entre otros.

El entorno (recursos físicos y sociales) participa en la cognición como fuente de entrada de información, como receptor de productos finales, y como vehículo del pensamiento. Lo que deja el pensamiento (lo que se aprende) subsiste no solo en la mente del que aprende, sino también en el ordenamiento del entorno [1].

En el diseño del programa tendremos en cuenta el Modelo espiralado de Philips Bandura y Altman [2] que pone en relieve la interacción entre las cogniciones individuales y las distribuidas. Esto es así porque los componentes interactúan entre sí en forma de espiral en tanto que los aportes de los individuos afectan la naturaleza del sistema en conjunto, a través de actividades colaborativas, a la vez que afecta las cogniciones de los mismos. Por esto se considera de vital importancia el aprender a trabajar en equipo siendo parte fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por un lado se debe considerar la perspectiva individualista de las competencias según L. Lingard [3] en donde: las competencias son cualidades que los individuos adquieren y poseen; son un estado a ser logrado, que debe mantenerse a través del aprendizaje permanente. Por otro lado, se debe considerar la visión colectivista de las competencias, las cuales son desarrolladas a través de la participación en situaciones reales; distribuidas a través de redes de personas y herramientas; de evolución constante, con comportamientos múltiples interconectados relacionados al tiempo y al espacio.

Por otra parte, las herramientas tecnológicas (TIC) que se incorporan en los trayectos formativos por si solas no amplían la cognición sino que la modifican [4]. Se deben seleccionar las adecuadas,

priorizando las que permiten agregar valor a los contenidos específicos que se necesitan, Aplicaciones (Apps) capacitadoras específicas, que nos permiten hacer y que serán de utilidad en la vida profesional, por sobre las Apps convencionales.

En el programa se busca fomentar en los estudiantes la capacidad de autodirección mediante el desarrollo de la planificación, selección y ejecución de estrategias; el uso de la experiencia y pensamiento crítico, el potencial interno, y la interdependencia social y tecnológica.

En pos de lograr un aprendizaje colaborativo se busca ayudar a los estudiantes a que activen los conocimientos previos, brindarles un contexto lo más cercano posible al contexto profesional futuro, y estimularlos a elaborar el conocimiento. (Ej, tomando notas, discutiendo el tema con otros alumnos, resumiendo, formulando y criticando hipótesis sobre un problema o situación específico). Se deben utilizar los siguientes marcos instruccionales considerados para promover el aprendizaje colaborativo [5]: los altamente estructurados: Aprendizaje basado en problemas; Aprendizaje basado en equipos; “Just in time teaching” (justo a tiempo) y los menos estructurados: Discusiones de casos; Clase invertida (“Flipped Learning”).

Con respecto al perfil del docente debe ser experto en el tema con capacidad para coordinar la actividad del grupo, manejar los tiempos; observar la participación global; identificar errores para subsanarlos; y promover la interacción.

Finalmente respecto a la evaluación se deben utilizar instrumentos que permitan evaluar la adquisición de conocimientos tales como exámenes escritos/orales, definir puntos claves y tabla de especificaciones, a la vez que deben medir las competencias vinculadas a los mismos. Asimismo se contempla la necesidad de elaborar un plan de construcción de instrumentos de evaluación que se encuentren alienados a la metodología propuesta así como la evaluación de desempeño basada en observaciones, exámenes prácticos y evaluaciones estructuradas. Dicho plan deberá incluir además rúbricas ponderadas para la evaluación.

3. ETAPAS DEL PROGRAMA - METODOLOGÍA

La implementación del programa se realizará por etapas que se desarrollarán secuencialmente. Esto obedece a que la formación de los estudiantes, dentro de cada carrera, responde a un plan de estudios específico y a trayectos formativos que se pueden identificar dentro del mismo. Ambos asociados a las competencias que se buscan obtener, y teniendo en cuenta que la unidad mínima en los trayectos formativos es la asignatura.

Las etapas a seguir son las siguientes:

1. Identificación, categorización y selección de los trayectos formativos que componen cada carrera, en función del perfil de las mismas.
2. Planificación de cada trayecto formativo considerando cada asignatura que lo compone, las prácticas y experiencias formativas necesarias para lograr las competencias requeridas y los resultados de aprendizaje esperados (“Learning Outcomes”)
3. Dinámica de los procesos de enseñanza-aprendizaje, considerando los roles de los docentes y alumnos, el entorno de trabajo generado, el “feedback” permanente, el “mentoring”, los ajustes; la necesidad de incorporación de nuevos actores e implementación de nuevas estrategias, entre otros.
4. Evaluación de los trayectos formativos teniendo en cuenta las asignaturas que lo componen y las competencias identificadas y requeridas en los mismos
5. Revisión de las métricas de seguimiento de las competencias requeridas en forma permanente y continua efectuando los ajustes correspondientes durante el período académico y atendiendo el “feedback” permanente entre todos los actores involucrados.

3.1. Desarrollo de las etapas

A continuación se establece el alcance y las actividades dentro del desarrollo de cada una de las diferentes etapas del programa.

Identificación, categorización y selección de los trayectos formativos que componen a cada carrera: A partir del plan de estudio de cada carrera, se identifican los diferentes trayectos formativos, categorizándolos en función de la temática que aborda y su impacto en la aplicación concreta de problemáticas reales, agrupando por un lado las asignaturas que los componen, y adicionando las prácticas y experiencias formativas necesarias para alcanzar las competencias esperadas. Se debe tener en cuenta que los trayectos formativos deben estar alineados al perfil

de la carrera. Una vez identificados se clasifican en troncales y complementarios. Se comienza con los trayectos formativos troncales a fin de establecer un orden en su implementación gradual.

Planificación de cada trayecto formativo: Una vez definidos los trayectos formativos se deben identificar los contenidos fundamentales, los complementarios y los que pueden ser autoadquiridos para el armado del cronograma del proceso enseñanza-aprendizaje. También definir las competencias requeridas para cumplimentar las diferentes instancias del trayecto formativo, teniendo en cuenta los tipos de conocimiento y las habilidades específicas que se deben lograr al finalizar el mismo, siempre alineado al perfil de la carrera.

Otros aspectos a tener en cuenta en el proceso de planificación de los trayectos formativos consisten en establecer los niveles requeridos de alcance de las competencias en cada instancia del trayecto formativo (hitos a cumplimentar en el Gantt del proceso de enseñanza aprendizaje) así como diseñar el entorno definido por el formato de clases y el armado de grupos de trabajo convenientes para cada tipo de trayecto. A tal efecto se evaluarán previamente las competencias blandas (“soft skills”), los conocimientos específicos, y nivel de alcance de las competencias previas adquiridas. Es necesario considerar en el diseño de las actividades programadas los diferentes estilos de aprendizaje que poseen los alumnos, proponiendo ejercicios que tengan en cuenta los diferentes grupos, identificando los conocimientos individuales y colectivos que se requieran, incluyendo actividades que desarrollen la capacidad de autoaprendizaje continuo en los alumnos. Finalmente se deben establecer cuáles serán las herramientas apropiadas para facilitar la adquisición de los conocimientos requeridos.

Dinámica de los procesos de enseñanza-aprendizaje: En esta etapa, antes de comenzar con el cumplimiento de la planificación, se debe efectuar un diagnóstico del grupo de alumnos que abordará el trayecto formativo. Para ello, al iniciar las actividades planificadas se aplican las estrategias y técnicas apropiadas considerando los marcos instruccionales: aprendizaje basado en problemas; aprendizaje basado en equipos, entre otros, para promover el aprendizaje colaborativo mencionados en las bases del programa. Se incluyen instancias de medición y un seguimiento permanente para realizar los ajustes necesarios a partir del “feedback” permanente y “mentoring”.

Evaluación de los trayectos formativos: Se considera fundamental utilizar instrumentos de evaluación adecuados para monitorear el proceso de aprendizaje, definiendo los puntos claves a evaluar y generando una tabla de especificaciones. Para realizar la misma, es importante trabajar con un plan de construcción de exámenes. Por otra parte la evaluación de desempeño se basará en observaciones que responderán al armado de rúbricas. Estas últimas son tablas de doble entrada que presentan los criterios de evaluación, los grados de calidad de los criterios y la descripción detallada del alcance de cada grado de calidad.

A través de la planificación, en cada trayecto formativo se deben identificar claramente: conocimientos y competencias requeridos, estándares a cumplimentar, características de los productos y actuaciones que se requieren. Poder identificar los diferentes niveles de ejecución mediante exámenes estructurados y rúbricas específicas permitirá que se pueda contar con la información del desarrollo de las competencias requeridas/alcanzadas.

Se considera que la calificación final debe surgir como consecuencia del proceso de evaluación continua.

Revisión de las Métricas de seguimiento: En cada instancia del proceso de enseñanza-aprendizaje se deben establecer métricas a través de indicadores que permitan validar la adquisición efectiva de los diferentes niveles de competencias requeridos/alcanzados. Se establecen los valores estándares a cumplimentar y se ponderan los diferentes aspectos considerados. Como base se establecen: indicadores generales vinculados a las competencias genéricas [6]: Instrumentales - tienen funciones cognitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas; Interpersonales – relacionadas con la interacción social y la cooperación; y Sistémicas - implican comprensión, conocimiento y sensibilidad; indicadores específicos vinculados a las competencias específicas requeridas para el trayecto formativo considerado.

4. APLICACIÓN DEL PROGRAMA EN UNA ASIGNATURA ESPECÍFICA

Para avanzar con la aplicación del programa planteado, y considerando como unidad mínima de experimentación de un trayecto formativo a una asignatura específica, en el período 2018 se seleccionó a la asignatura: Investigación Operativa (IO), que forma parte del bloque de Tecnologías Aplicadas, de cuarto año de la carrera de Ingeniería Industrial.

En esta asignatura se analizan los conocimientos previos adquiridos, y su dominio, necesarios para facilitar el aprendizaje de esta asignatura. Para validar los mismos, se consideran los rendimientos académicos de los estudiantes en las asignaturas que responden a la correlatividad anterior necesaria vinculada a esta asignatura. En el caso de IO son: álgebra, probabilidad y estadística, y cálculo numérico. Para ello se elabora una grilla denominada “Desempeño académico por alumno”, y se establece un promedio de las calificaciones obtenidas en las asignaturas consideradas ordenando la grilla en modo descendente. Paralelamente para diagnosticar las competencias blandas se solicita la evaluación del desempeño individual de los alumnos en una reunión de consenso con los docentes referentes de cada asignatura correlativa anterior.

La grilla utilizada en esta instancia, denominada “Nivel de competencias por alumnos” se basa preferentemente en las competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas del Proyecto Tuning [7]. Cruzando ambas grillas (la de desempeño académico y la de nivel de competencias), se elabora un “Plan de Nivelación” identificando las temáticas y las competencias críticas, definiendo diferentes grupos por temática específica, siendo las competencias blandas transversales en dicho plan, el que debe implementarse previo al inicio de la asignatura.

Luego se elabora el material necesario con el cual se trabajará, se sube al campus virtual y se establece un período de tres semanas para cumplimentar tareas, lecturas, presentaciones, validación del uso de TIC, entre otros. Cumplimentado el Plan de Nivelación, se inician las actividades académicas y formativas (clases) de acuerdo al Plan de Actividades Curriculares (PAC) de la asignatura.

El proceso de enseñanza-aprendizaje se configura a partir del Plan de Innovación específico “Nuevo modelo de aprendizaje de la asignatura Investigación Operativa – La articulación académica multidisciplinar con la Industria o empleadores – Incorporación de TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje y evaluación de competencias” [8].

4.1. Objetivos a cumplir en la asignatura

La implementación del programa en la asignatura IO lleva a establecer objetivos específicos a cumplir dentro de la misma, los cuales se detallan a continuación:

1. Elaborar un nuevo syllabus, como un esquema de trayecto formativo, articulado transversalmente con asignaturas de ciencias aplicadas de la Carrera de Ingeniería Industrial. Proponer en forma conjunta un problema base anual, que integre competencias comunes, abordado desde la necesidad de la toma de decisiones. El problema común tiene como objetivo el aprendizaje de las metodologías de la Investigación Operativa (IO) incorporando el proceso de toma de decisiones en la resolución de problemas.
2. Integrar a la industria o potenciales empleadores como insumo de procesos y problemas que requieren la aplicación de los conocimientos aprendidos para la toma de decisiones. Problemas reales / Restricciones reales / Escenarios reales.
3. Emplear técnicas y estrategias que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje, incluyendo estrategias de resolución de problemas, planteo de esquemas lógicos, estilos de justificación, explicación, experimentación para la obtención de los resultados esperados en el marco del nuevo programa con métricas de seguimiento que permitan ajustar permanentemente el desarrollo de la asignatura
4. Definir como requisito de aprobación de la asignatura, la propuesta de optimización y solución de un problema de industrias y empleadores estratégicos denominado trabajo final. El mismo debe ser realizado conforme a una guía de trabajo en equipo para la elaboración del trabajo final, y debe ser presentado por grupos de estudiantes y aprobada previamente por un tutor por parte de la industria. Se establece una rúbrica compartida entre alumnos, docente y tutor

Cabe señalar que la mencionada guía de trabajo consiste en: investigar y seleccionar un proceso, o parte de él, de la vida diaria y real (empresas, fábricas, instituciones, familiar/personal) que requiera ser optimizado; determinar las variables y restricciones necesarias para la toma de decisiones; elaborar el o los modelos matemáticos y utilizar software de simulación para la obtención de los resultados, entre ellos: Programación Lineal-Simplex, Modelos de Transportes, Grafos-Redes, Modelos de stock, Modelos de colas/líneas de espera, Programación Dinámica; presentar los fundamentos, objetivos, métodos utilizados y resultados de manera grupal en aula virtual, y defender la decisión adoptada ante los restantes grupos de manera oral mediante una presentación multimedia a elección. La evaluación del trabajo final pautado tendrá como base un cuadro de rúbrica específico con puntuación: en donde el eje vertical estará compuesto por los siguientes aspectos: conformación del equipo y asignación de roles, nombre y logo; problema y cliente

seleccionado y la relevancia del proyecto para el cliente; grado de innovación sobre el problema seleccionado; propuesta de innovación; presentación grupal escrita; defensa oral del proyecto. El eje horizontal consignará la valoración de los aspectos mencionados precedentemente: excelente, muy bueno, bueno, necesita mejorar y sugerencias

4.2. Antecedentes de programas aplicados a esta asignatura

En Argentina las referencias encontradas como procesos de innovación relacionados a la enseñanza de la IO en distintas universidades se limitan al uso de un software específico o a la libertad de elección por parte del alumno. Se hizo un fuerte foco durante los últimos años en el uso del laboratorio de informática como salón de clases y se ha avanzado en procesos de simulación computarizados, especialmente en carreras de sistemas e informática. No se encontraron referencias de trabajo grupal ni integración con la industria. Se pone especial énfasis en la potencia de los softwares para procesar un mayor volumen de datos, y un mayor número de variables de decisión y restricciones, complejizando los problemas a resolver. Generalmente, estos problemas son de índole académico y de procesos estándares. Por ello se considera que la enseñanza-aprendizaje de la IO desde la perspectiva de este modelo de innovación, constituye una oportunidad clara dado que esta asignatura suele ser poco atractiva y motivadora para el alumno. Posiblemente esto último se encuentre parcialmente explicado por el hecho de que no se le suele ayudar a utilizar métodos matemáticos para la toma de decisiones sino se le enseñan métodos matemáticos cada vez más complejos, perdiendo la perspectiva de que lo importante es la aplicación de estos modelos para la toma de decisiones.

4.3. Resultados esperados

Entre los resultados esperados con la aplicación de este programa se busca: desarrollar las competencias técnicas necesarias junto con las competencias de liderazgo y “soft skills” en los alumnos (tales como trabajo en equipo, multidisciplinar y habilidades de presentación oral y escrita en un proceso interactivo con clientes que serán sus potenciales empleadores). También potenciar la capacidad de análisis, la descripción y síntesis de los problemas actuales de la industria, identificando las variables de decisión y los recursos disponibles para la toma de decisiones, con la medición del impacto económico o de mejora en eficiencia en la propuesta de solución recomendada al cliente.

4.4. Beneficiarios

Entre los beneficiarios de la implementación de este programa podemos mencionar:

Facultad de Ingeniería de la UNSTA: en cuanto adquiere experiencia en la elaboración e implementación de un nuevo syllabus que permite una mejora sustancial en la interacción / cooperación / integración de las distintas asignaturas relacionadas con el fin de lograr el desarrollo de competencias específicas como parte fundamental de su integración con la currícula académica de las carreras de ingeniería.

Industria/Empleadores: cuya participación favorece la integración universidad-industria, involucrando a la Industria como proveedor fundamental de problemas y procesos que deben ser abordados por el futuro ingeniero, con variables y restricciones propias de la industria, considerando la tecnología actual. Al mismo tiempo minimizando la distancia actual entre el lenguaje y terminología académico y el lenguaje y terminología cotidianos utilizados en la industria y que eventualmente serán los empleadores. Por otra parte, se requiere de la industria un aporte en forma de seminarios, visitas a plantas, o cursos cortos además de la revisión de los contenidos curriculares de trayectos formativos específicos para adecuarlos y modernizarlos constantemente.

Estudiantes: que se familiarizan con la demanda de competencias deseadas por las potenciales empresas empleadoras, proponiendo mejoras en base a lo aprendido de esta alianza, y desarrollan competencias claves como la presentación oral y escrita, el trabajo en equipo y multidisciplinar en un ambiente académico y en escenarios reales del ejercicio de la profesión

4.5. Barreras/dificultades

El hecho de que aún se mantengan dentro de las carreras de Ingeniería, el dictado de asignaturas que conservan esquemas tradicionales se debe a diferentes dificultades que encuentran los docentes que intentan implementar programas alternativos. Podemos mencionar por ejemplo la escasa disponibilidad de tiempo de otros docentes de la carrera para articular los problemas en forma conjunta, existiendo la probable situación de tener que trabajar con ellos de modo individual y no en un equipo por dispersión de horarios (docentes profesionales con actividades de dirección en empresas); la resistencia al cambio por parte del área académica institucional ante el trabajo adicional necesario y devenido de la implementación de un nuevo syllabus que impacta en los procesos del normal funcionamiento de la unidad académica y los procesos de acreditación CONEAU, así como de algunos docentes y alumnos en lo actitudinal o en la necesidad de estar permanentemente actualizados; la dificultad para conseguir en el período de vigencia del programa a las industrias / empleadores que se sumen activamente y con compromiso; la actual resistencia a incorporar nuevas tecnologías TIC y nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje y la tendencia a no quebrar el status quo.

4.6. Recursos necesarios

La implementación de este programa requiere: disponer de movilidad de los alumnos a las industrias, los seguros y permisos necesarios; el uso del laboratorio informático para la práctica de métodos de IO con software específico; proveer tablets para relevar insumos en visitas a industrias (recopilación de datos, fotografías de procesos, etc); implementar encuestas de satisfacción entre los alumnos de la cohorte actual y las tres próximas anteriores respecto de los resultados de aprendizaje (LO = Learning Outcomes) comparando el proceso de enseñanza previo y el vigente, el proceso de Educación Basada en Proyectos / Student Based Learning / Flipped Classroom entre otras metodologías del proceso enseñanza aprendizaje; también establecer mediante encuestas y reuniones con las empresas asociadas, el impacto del cambio entre las metodologías previas y la vigente, incorporando sugerencias (inputs) al programa desarrollado involucrándolos en el plan de innovación, contenidos y medición de los resultados de aprendizaje.

4.7. Plan de Evaluación

En lo referido a la evaluación de esta asignatura en el marco del nuevo programa cabe señalar que: al final del semestre el estudiante deberá dominar las técnicas básicas de la IO y las aplicarlas en un ejercicio base de tres asignaturas y un ejercicio grupal con insumos de la industria. El estudiante trabajará eficientemente en equipo, interactuando con sus pares y socios externos para diseñar la propuesta de optimización. El estudiante adquirirá las competencias necesarias para una presentación de los resultados de su trabajo que será escrita y oral en una audiencia multidisciplinar. Cada trabajo grupal será incorporado al programa curricular de la asignatura (y puesto a disposición en campus virtual). Esto permitirá que pueda ser revisado el año académico siguiente y eventualmente determinar la necesidad de revisar el problema o proponer otros casos de estudio. Se evaluarán las habilidades de comunicación, presentación oral y escrita, trabajo en equipo de los alumnos, tomando como base de inicio el reporte individual del final de primer semestre. En el segundo semestre cada grupo de alumnos asistirá a sesiones de coaching semanales ante el docente donde se establecerá el “feedback” necesario para realizar los ajustes y mejoras en el proceso. Como requisito para la aprobación de la asignatura se deberá presentar un trabajo final grupal elaborado bajo pautas establecidas con su correspondiente rúbrica de evaluación. Las presentaciones serán orales invitando a los tutores que representan a las industrias/empleadores y a docentes de asignaturas con vinculación horizontal y vertical. El modelo implementado y los resultados obtenidos se compartirán con las cátedras del mismo curso y superior de la carrera a efectos de motivarlas a utilizar esta metodología de enseñanza-aprendizaje junto a la industria y pares.

4.8. Resultados obtenidos

En el desarrollo de la aplicación del programa en esta asignatura, la revisión permanente de las métricas de seguimiento constituye un factor fundamental, ya que permiten durante el curso del período académico aplicar los ajustes necesarios en vistas a que se cumplan los objetivos planteados. A su vez, se implementan encuestas de opinión para medir el grado de satisfacción en los estudiantes.

Respecto a los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a los alumnos que cursaron la asignatura bajo este nuevo programa en los períodos 2018 y 2019, se les consultó acerca de qué

aspectos consideraban como de mayor relevancia en la implementación del mismo. Siendo las valoraciones utilizadas: totalmente de acuerdo (TDA), de acuerdo (DA) y en desacuerdo (D) podemos mencionar que el 76% de los encuestados señaló estar TDA con que el entorno de aprendizaje era participativo, mientras que un 22 % respondió que estaba DA. Con respecto al formato de clase, 54% respondió estar TDA y 26 % DA. También se les consultó acerca del feedback que recibieron en el proceso, a lo que el 58 % respondió estar TDA y 24 % DA. Finalmente, con relación al Desarrollo de actividades que fomentan el pensamiento crítico y analítico el 60 % manifestó estar TDA y un 30 % DA.

Respecto a los elementos del curso que contribuyen a un aprendizaje colaborativo los más votados entre los alumnos fueron: aplicación en la vida profesional, comunicación docente-tutor-alumno, TIC y software específico, trabajo en equipo; coherencia entre la planificación y resultados esperados.

Entre las recomendaciones más relevantes que reportaron los alumnos encuestados se encuentran: ampliar la variedad del software utilizado, incrementar el número de coaching individual y grupal, entre otros. Por otra parte, la consulta a los tutores de la industria que pueden observar las prácticas reales realizadas por los alumnos en sus empresas, focalizando las competencias específicas en la asignatura tomada como experimentación, nos permiten inferir que estamos en la dirección correcta respecto al enfoque y alcance de este programa.

5. CONCLUSIONES.

La implementación efectiva de estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de las ingenierías requiere un programa flexible, factible y viable que permita adaptarse a la dinámica de los cambios actuales e ingresar en un ciclo de mejora continua, sin quedar en estructuras teóricas que plantean un aprendizaje ideal sin tener en cuenta al estudiante con sus características individuales y colectivas, las competencias que posee y las que debe desarrollar y el entorno en donde estudia y en el cual se inserta laboralmente en pasantías o cuando finaliza sus estudios.

Lograr implementar este programa que permite adaptarse a la dinámica actual de los nuevos requerimientos de las empresas en cuanto a la actualización permanente de contenidos, que pone énfasis en los tipos de conocimiento de orden superior incluyendo estrategias de resolución de problemas, planteo de esquemas lógicos, estilos de justificación, explicación, experimentación, que tiene en cuenta generar un entorno de aprendizaje con actividades colaborativas de todos los actores que intervienen, que incorpora herramientas tecnológicas que agilizan la visualización y aplicación de resultados en la toma de decisiones, que activa los conocimientos previos de los estudiantes como punto de partida y desarrolla en los mismos la capacidad de autodirección y autogestión, favorece el aprendizaje y el desarrollo de competencias en las carreras de Ingeniería requeridas en el mundo laboral.

Colocar a la industria en un rol activo y como socio estratégico en la formación de nuestros estudiantes constituye una estrategia clave en este programa al igual que abordar la resolución de problemas actuales y reales que requiere una permanente actualización de los docentes en coordinación con los tutores de las industrias para guiar y encontrar junto a los estudiantes, y en un trabajo colaborativo, las diferentes alternativas de solución.

En este programa la experiencia de docentes y tutores se complementa con los estudios, aportes e ideas de los estudiantes bajo el marco de un trayecto formativo concreto.

Los actores externos han validado como excelente la aplicación de este programa y los resultados obtenidos se reflejan en los informes de desempeño de los alumnos que cursaron la asignatura IO bajo este programa y realizan PPS (Práctica Profesional Supervisada) o pasantías en sus empresas.

Cambiar el paradigma tradicional del proceso de enseñanza-aprendizaje en las ingenierías requiere un gran trabajo de planificación y el compromiso de todos los actores involucrados docentes, alumnos, tutores (industria) y la aplicación de estrategias y técnicas centradas en este trabajo colaborativo para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje y obtener resultados de aprendizajes de calidad.

Consideramos una muy buena experiencia inicial la implementación concreta de este programa en una asignatura específica como unidad mínima de experimentación, y la integración de la misma en un trayecto formativo.

La etapa siguiente será articular este programa en un trayecto formativo completo, el cual involucra un grupo de asignaturas del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial, integradas y actualizadas en sus contenidos y competencias con prácticas específicas y experiencias formativas adicionales, en un marco de situaciones reales que agregan valor al mismo.

6. REFERENCIAS.

- [1] Perkins D. in Salomon G. (1993). *“Persons-plus: a distributed view of thinking and learning. Distributed cognitions. Psychological and educational considerations”*. England: Cambridge University Press.
- [2] Salomon, G. (1993). *“Distributed cognitions. Psychological and educational considerations”*. England: Cambridge University Press.
- [3] Lingard LA In: Hodges BD. (2012). *“Rethinking competence in the context of teamwork. The question of competence: reconsidering medical education in the twenty-first century”*. Ithaca, (NY): Cornell University Press.
- [4] Roy Pea in Salomon G. (1993). *“Practices of distributed intelligence and design for education. Distributed cognitions. Psychological and Educational considerations”*. England: Cambridge University Press.
- [5] Pluta, W. J., Richards, B. F., & Mutnick, A. (2013). *“Trends in Collaborative Learning. Teaching and Learning in Medicine”*, 25(SUPPL.1). PBL and Beyond.
- [6] Fernández, A. B. (2009). *“Desarrollo y Evaluación de Competencias en Educación Superior”*. Madrid : Narcea, S.A. de Ediciones. Universidad Europea de Madrid .
- [7] Gonzalez, J. y Wagennar R. (2003). *“Project Tunning Educational Structures in Europe”*.
- [8] Vargas, E. M. (2018). *“Project Innovation Plan – Programa de Certificación de Educador Internacional de Ingeniería”*. IGIP (International Society for Engineering Pedagogy), Innova HiEd, y CIEE-UTN.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las empresas que participaron activamente con este programa ya que su colaboración en la actualización de contenidos requeridos en un trayecto formativo específico, en el proveer procesos y situaciones reales a analizar y resolver, el permitir el acceso a tecnología actualizada, realizando adicionalmente el seguimiento y medición de la formación de nuestros estudiantes, es fundamental para continuar con el desarrollo y aplicación de este programa.

Respuesta inmunológica de la Cátedra Álgebra Lineal y Geometría Analítica en tiempos de Pandemia

Giliberti, José Vicente; Alurralde, Florencia

Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA)
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSA) Av. Bolivia 5150.
gilijv@gmail.com; florencialurralde@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo, se origina dentro de un proyecto de investigación del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA.) orientado a la integración de las TIC en el dictado de la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSA.). La aparición del SARS-CoV-2 y su propagación hasta convertirse en una Pandemia a principio del 2020 nos obligó a mutar, como el propio virus, hacia un nuevo escenario alterando casi todos los aspectos de nuestra vida. Particularmente la educación formal y los procesos de enseñanza y aprendizaje fueron tocados en sus tejidos más íntimos. Este trabajo describe la respuesta a tal intrusión como experiencia a nivel cátedra, la que obligó a docentes y estudiantes a desarrollar nuevas estrategias de adaptación en pos de superar la situación planteada. Se pasó así de un dictado exclusivamente presencial a otro completamente virtual y mediado por diferentes recursos tecnológicos disponibles en la actualidad. El objetivo fue desarrollar estrategias de enseñanza para un aprendizaje virtual significativo del álgebra lineal y la geometría analítica y favorecer la autonomía en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Cabe notar que siguiendo la dinámica del virus en cuanto a desarrollo, profilaxis, tratamiento y secuelas, las observaciones de esta experiencia no son categóricas ni extrapolables, pero contribuyen a la generación de alternativas posibles para el futuro cercano.

Palabras clave: Pandemia. Enseñanza. Aprendizaje. Virtualidad. Autonomía.

ABSTRACT

This paper is part of a research project carried out at the Research Council of the National University of Salta (CIUNSA.). Aim of the aforementioned is to integrate the ICTs in the tuition of the course Linear Algebra and Analytical Geometry (ALGA) of the Faculty of Engineering of the National University of Salta (UNSA). The appearance of SARS-CoV-2 and its spread until it became a Pandemic at the beginning of 2020 forced us to mutate, like the virus itself, into a new stage, altering almost all the aspects of our lives. In particular, the formal education processes, teaching and learning, were altered up to their most intimate tissues. This article describes the response in such a situation, as an experience at teaching level, which made teachers and students develop adaptation strategies in order to overcome all the issues. Thus, the entire course switched from an exclusively face-to-face dictation to a completely virtual experience, using different available technological tools. The objective was to develop teaching strategies to create a significant virtual system, favoring autonomy in the learning process of the students. It should be noted that following the dynamics of the virus in terms of development, prophylaxis, treatment and, sequelae, the observations of this experience are not categorical or extrapolated, but they contribute to the generation of possible alternatives for the near future.

Keywords: Pandemic. Teaching. Learning. Virtuality. Autonomy

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describe la experiencia vivida en el primer cuatrimestre de 2020 por la cátedra Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, con el fin de reflexionar acerca de las medidas que se fueron tomando desde el inicio de la pandemia y analizar los resultados obtenidos.

La necesidad llevó a realizar cambios para acomodar el cronograma de la asignatura, que estaba pensado para un cursado presencial, llevándolo abruptamente a un dictado totalmente virtual, de manera que los alumnos tuvieran la oportunidad de seguir cursando de una manera atípica y con recursos desconocidos para ellos y para gran parte de los docentes. La presencialidad se transformó entonces en virtualidad mediada por los diferentes recursos tecnológicos que se encontraban al alcance de la facultad, de los docentes y de los alumnos, con el adicional de la incertidumbre en cuanto a la fecha de regreso al cursado presencial. Surgieron muchas dudas acerca de las nuevas formas de comunicación que se utilizarían en este tipo de dictado, lo que llevó a un aprendizaje acelerado del uso de recursos tecnológicos impensados para la mayoría de los docentes y alumnos de la asignatura.

Según Ferreira Szpiniak [1] "Algunos de los interrogantes que se nos presentan son la forma en que establecemos el vínculo con nuestros estudiantes a través del aula virtual y qué estrategias de enseñanza aplicamos para acompañar y promover sus aprendizajes. En primer lugar debemos decir que no hay una receta, pero sí debemos evitar el tecnocentrismo, es decir, que la tecnología esté por encima de lo educativo. Con herramientas muy sencillas, bien diseñadas o bien utilizadas, se pueden lograr aprendizajes de calidad".

A pesar de la incertidumbre de la situación se mantuvo, dentro del marco constructivista, el objetivo de desarrollar estrategias de enseñanza para un aprendizaje virtual significativo del álgebra lineal y la geometría analítica, tratando de favorecer la autonomía en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, teniendo en cuenta las competencias básicas que deben adquirir los alumnos de primer año de ingeniería. El rol del docente es muy importante, en este sentido Ramirez Toledo [2] considera que "Dentro del constructivismo se considera al docente como aquel profesional reflexivo, que realiza una labor de mediación entre el conocimiento y el aprendizaje de sus alumnos, al compartir experiencias y saberes en un proceso de negociación o construcción conjunta del conocimiento y presta una ayuda pedagógica ajustada a la diversidad de necesidades, intereses y situaciones en que se involucran sus alumnos; es decir, la función central del docente es esencialmente orientar y guiar la actividad mental constructiva de sus alumnos, a quienes proporcionará ayuda pedagógica ajustada a su competencia".

En esta descripción, en primer lugar se hace una síntesis de la forma de trabajo y evaluación de la asignatura ALGA en los últimos años, hasta el momento del inicio de la pandemia.

Luego se presenta el desarrollo de la metodología de trabajo seguida por la cátedra para el dictado virtual de la asignatura durante el transcurso de la pandemia hasta la finalización del cursado en el primer cuatrimestre del 2020.

Finalmente se hace un análisis de los resultados, indicando algunas conclusiones al respecto que servirán de base para organizar el re dictado de la asignatura de manera virtual, en el segundo cuatrimestre que se inicia el 28 de septiembre de 2020.

2. ALGA ANTES DE LA PANDEMIA.

2.1 Metodología de la cátedra ALGA hasta marzo de 2020.

Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA) es una materia de todas las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa.); Ing. Química, Ing. Industrial, Ing. Civil e Ing. Electromecánica. Se dicta en primer año, en el primer cuatrimestre y se redicta en el segundo cuatrimestre.

El cursado de la materia hasta marzo de 2020, fue siempre totalmente presencial.

En la facultad no hay examen de ingreso, y se dicta un curso de ingreso de 6 semanas para nivelar a los ingresantes, pero sin ser eliminatorio, es decir que un alumno puede comenzar a cursar la asignatura ALGA sin haberlo cursado. En tal curso se trabaja de manera similar a la metodología empleada en las primeras matemáticas que el estudiante cursará en el 1° cuatrimestre de 1° año de las carreras de Ingeniería. Al finalizar el curso de nivelación, aquellos estudiantes que cumplan requisitos de asistencia, presentación de prácticos, evaluaciones por temas y rindan un examen final y lo aprueben, si alcanzan una nota de 70 o más puntos, obtenida de una ecuación polinómica, tienen el crédito de haber aprobado el 1° Parcial de ALGA.

La carga horaria de ALGA es de 10 hs. semanales, 5 hs. de clases Teóricas (3hs. los lunes y 2 hs. los miércoles) y 5 hs. de clases prácticas (2 hs. los lunes y 3 hs. los miércoles).

El plantel docente a cargo de la asignatura se constituye por tres profesores adjuntos (uno de ellos es responsable de la cátedra), quienes están a cargo de las tres clases teóricas y nueve jefes de trabajos prácticos a cargo de las 12 comisiones de práctica (de aproximadamente 100 alumnos cada una al inicio del cuatrimestre).

Además todos los docentes ofrecen clases de consulta en horario extra clase, cubriendo todos los días de lunes a viernes en ambos turnos. Allí pueden asistir todos los alumnos, de cualquier comisión, para evacuar dudas acerca de los temas de la asignatura. Toda la información de la materia figura en la cartilla de trabajos prácticos.

Al igual que todas las asignaturas de la facultad de Ingeniería de la UNSa, ALGA es de régimen promocional, es decir que el alumno debe alcanzar la nota de promoción o queda libre y debe volver a cursar la materia. La cantidad de inscriptos, que comienzan cursando efectivamente la asignatura, ronda los 1200 alumnos.

Todos los cuatrimestres, entre todos los docentes de la asignatura, se realizan nuevas cartillas con la guía de trabajos prácticos a desarrollar por los alumnos durante ese cuatrimestre. Generalmente son 9 trabajos prácticos, cada docente elabora uno o dos de ellos, explicitando la bibliografía sugerida para el desarrollo del mismo. En la elaboración de cada práctico se busca incluir los ejercicios en los que se observaron mayores dificultades en los parciales del cuatrimestre anterior, como así también seguir un orden lógico de dificultad, de lo sencillo a lo más complicado, tratando de abarcar los problemas más significativos del tema en cuestión. Se incluye tanto ejercicios teóricos como prácticos, problemas de aplicación a ingeniería, problemas con uso del soft de geometría dinámica: Geogebra y búsqueda bibliográfica. Toda la información de la asignatura figura en la cartilla (reglamento, horarios de clases teóricas y prácticas, horarios de consulta, cronograma, fechas de evaluaciones por tema y parciales, etc.).

Se trabaja en la Plataforma Moodle que proporciona la Facultad de Ingeniería a todas las asignaturas. En la página de ALGA se informan notas, comunicados, avisos, etc. Además a través de la plataforma se facilitan a los estudiantes todos los materiales que puedan ayudarlos en el aprendizaje de los temas de la asignatura (videos, archivos, enlaces útiles, etc.)

La metodología de clases teóricas varía entre clases magistrales (por la gran cantidad de alumnos) y clases teórico-prácticas. En las clases en comisiones prácticas se utilizan diversas metodologías de trabajos individuales y grupales, tendiendo a que el alumno aprenda significativamente, y apuntando sobre todo a la adquisición de la competencia de resolución de problemas.

Los objetivos generales de la asignatura son:

- Desarrollar la capacidad de reflexionar para favorecer la formación de un pensamiento lógico y deductivo.
- Adquirir actitudes de curiosidad, apertura y búsqueda, para lograr objetividad y sentido crítico.
- Incorporar al lenguaje y modos de argumentación habituales las distintas formas de expresión matemática (numérica, gráfica, geométrica, lógica, algebraica) con el fin de lograr una comunicación precisa y rigurosa.
- Utilizar con criterio los conceptos trabajados en la asignatura para resolver situaciones problemáticas, seleccionando los modelos y estrategias adecuadas en función de la situación planteada.
- Adquirir significativamente los conocimientos del Álgebra Lineal y La Geometría Analítica.

2.2. Evaluación en ALGA hasta marzo de 2020.

En la presencialidad se intenta llevar adelante una evaluación continua, a pesar de la gran cantidad de estudiantes con que se inicia el cursado, a través de presentación de trabajos prácticos, consultas y clases de apoyo. Durante el cuatrimestre se realizan tres evaluaciones por tema sin recuperatorio y se realizan tres exámenes parciales con sus respectivos recuperatorios.

El primer parcial abarca solo el trabajo práctico 1, referido a temas vistos en el curso de nivelación y en el nivel medio (aquellos alumnos que hayan obtenido el premio en este curso no deben rendir el primer parcial de ALGA).

El segundo parcial abarca los trabajos prácticos desde 2 hasta el 5 y el tercer parcial desde 6 hasta el 9.

Al final del cursado se realiza un examen Global para aquellos alumnos que habiendo aprobado los parciales no obtienen la promoción, dicho examen abarca todos los temas de la materia.

Las condiciones de promoción se detallan a continuación:

Requerimientos mínimos para la promoción

1. 80 % de asistencia a clases prácticas.
2. 100 % de trabajos prácticos presentados.
3. 40 puntos como mínimo en cada uno de los tres parciales o sus respectivos recuperatorios.

Aun obteniendo un puntaje mayor o igual a 40 puntos en un parcial, el alumno podrá rendir el recuperatorio. En tal caso, se tomará como puntaje definitivo el último obtenido.

Los alumnos que no hayan cumplido con los requerimientos mínimos quedan libres en la asignatura.

Requerimientos definitivos para la promoción

1. Cumplimentar los requerimientos mínimos.
2. 70 puntos como mínimo en el puntaje de cursado.

Los alumnos que cumplimenten los requerimientos mínimos pero que no alcancen los 70 puntos en el puntaje de cursado deberán rendir un examen global. Dicho examen se aprueba con un mínimo de 60 puntos.

Cálculo del puntaje de cursado

El puntaje obtenido durante el cursado (PC) se calcula con la siguiente ecuación (1)

$$PC = 0,6 PP + 0,25 PET + 0,15 PTP \quad (1)$$

Donde PP representa el promedio ponderado de las notas de los parciales, PET representa el puntaje promedio de las evaluaciones por tema y PTP representa el puntaje obtenido por trabajos prácticos.

Cada uno de los tres parciales, con sus respectivos recuperatorios, tienen un puntaje que va de 0 a 100 puntos. El promedio ponderado de los tres parciales se calcula usando la ecuación (2):

$$PP = 0,2 P1 + 0,4 P2 + 0,4 P3 \quad (2)$$

Donde P1 es la nota obtenida en el primer parcial, P2 la nota obtenida en el segundo y P3 el puntaje del tercero.

Evaluaciones por tema

Se tomarán 3 evaluaciones por tema con puntajes que van de 0 a 100 y sin recuperatorio.

El valor PET se calcula como el promedio de las tres evaluaciones.

Trabajos prácticos: Se deben presentar desde el TPN°2 al TPN°9.

A cada trabajo práctico presentado completo y en término le corresponden 2 puntos; y completo, pero fuera de término 1 punto. El valor de PTP varía entre 70 y 100 puntos según si los 8 trabajos prácticos se entregaron completos y fuera de término (8 puntos) o si se entregaron completos y en término (16 puntos). Para el cálculo de PTP usamos la ecuación (3):

$$PTP = 3,75 \cdot \text{Total de Prácticos} + 40 \quad (3)$$

Nota de promoción

Los alumnos que cumplan los requerimientos mínimos y además obtengan un puntaje mayor o igual a 70 resultarán Promocionados. La nota de promoción P₁ se obtiene de la Tabla 1.

Tabla 1 Nota de promoción P₁.

PC obtenida	Nota de Promoción P ₁
70 ≤ PC < 74	7
74 ≤ PC < 80	8
80 ≤ PC < 90	9
90 ≤ PC ≤ 100	10

Los alumnos que cumplan los requerimientos mínimos pero que no obtengan un puntaje mayor o igual a 70 en el puntaje de cursado deberán rendir un examen global. Si dicho examen es aprobado (60 puntos como mínimo) el nuevo puntaje de cursado NPC se obtendrá como el promedio del puntaje de cursado PC y la nota obtenida en el examen global. La nota de promoción P₂ se obtendrá de la Tabla 2.

Tabla 2 Nota de promoción P₂.

NPC obtenida	Nota de Promoción P ₂
50 ≤ NPC < 55	4
55 ≤ NPC < 60	5
60 ≤ NPC < 65	6
65 ≤ NPC < 71	7
71 ≤ NPC < 76	8
76 ≤ NPC < 80	9
80 ≤ NPC < 85	10

2.3 Antecedentes de investigación en la cátedra ALGA.

Desde el año 2014 se viene trabajando, con docentes de la cátedra ALGA, en diversos Proyectos de Investigación del CIUNSa. (N° 2197, N°2386, N° 2527), relacionados con la Enseñanza del Álgebra Lineal y la Geometría Analítica, con la incorporación de las TIC, en particular con el uso del software de geometría dinámica Geogebra. Se pone el enfoque en el logro de la competencia

Resolución de Problemas. El presente trabajo se enmarca en el Proyecto N° 2527, en desarrollo actualmente.

2.4 Estadísticas de rendimiento en ALGA.

Se muestra a continuación en la Tabla 3, el rendimiento de los estudiantes que cursaron ALGA en los últimos cinco años.

Tabla 3 Rendimiento de los 5 últimos años en ALGA.

AÑO		Nº	Nº	Nº	% Aprobados/ cursantes	Nº	%Prom (sobre Cursantes)	%Prom (sobre Aprob 1ºP)
		Inscrip	Cursan- tes	1º Parcial	1º Parcial	Promoc		
2015	1ºC	2216	1118 (52%)	721	64,49%	178	15,92%	24,69%
	2ºC	734	664 (90%)	502	75,60%	143	21,54%	28,49%
				Total		321	28,71%	
2016	1ºC	2050	1140 (55%)	629	55,18%	162	14,21%	25,76%
	2ºC	820	688 (84%)	448	65,12%	93	13,52%	20,76%
				Total		255	22,37%	
2017	1ºC	2212	1180 (54%)	293	24,83%	137	11,61%	46,76%
	2ºC	802	650 (81%)	184	28,31%	100	15,38%	54,35%
				Total		237	20,08%	
2018	1ºC	2031	938 (46%)	457	48,72%	184	19,62%	40,26%
	2ºC	683	552 (80%)	235	42,57%	82	14,86%	34,89%
				Total		184	19,62%	
2019	1ºC	2109	1069 (51%)	313	29,28%	114	10,66%	36,42%
	2ºC	779	631 (81%)	271	42,95%	104	16,48%	38,38%
				Total		218	20,39%	

3. ALGA DURANTE LA PANDEMIA.

La modalidad de dictado de una asignatura depende, entre otras cosas, de la estructura de la cátedra, de su formación, de la cantidad de alumnos y de los recursos disponibles, tanto por parte de los docentes como de los alumnos. En nuestro caso si bien la estructura docente ha crecido en el tiempo, sigue siendo insuficiente en relación a la cantidad de alumnos cursantes.

Para Francisco Lehmann [3], el incremento de la oferta de la educación online en el nivel superior conlleva a un perfil de alumno más autónomo, con capacidad de gestionar sus propios aprendizajes y cuya formación esté fundamentada en competencias más que en contenidos.

Autores como Zambrano Acosta y otros [4] consideran a la virtualización educativa universitaria: “como el proceso mediante el cual la Universidad congrega sus fortalezas tecnológicas, pedagógicas e institucionales, en virtud de la generación de una alternativa de potenciación formativa, basada en una lógica de integración progresiva de las TIC, a los efectos de la generación, implementación y actualización permanente de entornos virtuales, que redunden productivamente en el desarrollo de sus actores, procesos y funciones fundamentales”.

La educación superior estaba transitando ya una situación crítica antes de la pandemia y particularmente en América Latina. Entre los aspectos que necesitaban ser resueltos se encontraban el incremento de la calidad educativa y los problemas de financiamiento público.

Según el Instituto Internacional para la educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC) de la UNESCO [5] la oferta de una alternativa de continuidad educativa en este tiempo de pandemia exige fuertemente en cuanto a conectividad y enfrenta una realidad de una baja conectividad en los hogares en los países de ingresos bajos y medios.

En América Latina uno de cada dos hogares tiene conexión a internet lo que se contrapone con la elevada tasa de líneas móviles que llega a superar en algunos casos una línea por persona. Algunas de sus estimaciones indican que el cierre temporal de las instituciones de educación superior afectó aproximadamente a unos 23,4 millones de estudiantes y a 1,4 millones de docentes en América

Latina y el Caribe; esto representa, aproximadamente, más del 98% de la población de estudiantes y profesores de educación superior de la región.

3.1. Clases Teóricas.

Hacia fines del mes de marzo de este año y para satisfacer la gran demanda de los servicios de nuestra plataforma Moodle, la facultad de Ingeniería trasladó el sitio, al Data Center de la Universidad.

Esta acción impulsó la idea de utilizar la plataforma para volcar con mayor caudal el contenido de la asignatura y estructurar actividades de enseñanza y aprendizaje, en una nueva modalidad de dictado-cursado, que estaba en ciernes, desde el inicio del primer cuatrimestre. Para desarrollar el contenido teórico se decidió dividir al mismo en unidades pequeñas que abarcaran pocos conceptos y elaborar presentaciones con ejemplos que ayuden a la comprensión de los mismos.

Existen estudios como el de Guo et al. [6] cuyos resultados indican que los seres humanos tenemos intervalos de atención cortos. En cuanto a la duración de un video educativo y el compromiso de verlo hasta el final se obtuvo el siguiente resultado: hay muy poca variación del compromiso hasta los 6 minutos, a partir de allí existe una caída significativa del compromiso lo que se agudiza después de los 10 minutos. Es por ello conveniente que la duración de los videos educativos esté alrededor de los 6 minutos y no exceda los 10 minutos.

También se incluyó en las diapositivas algunas preguntas y actividades para realizar con papel y lápiz o con el software Geogebra que debieron ser respondidas por los alumnos, siendo el objetivo de las mismas contribuir a reflexionar y afianzar los contenidos de cada presentación.

Aunque la idea inicial fue realizar videos al estilo de los presentados por Khan Academy se decidió finalmente optar por presentaciones con diapositivas animadas a las que se les agregó la voz de los docentes a cargo de la teoría. Esta elección se fundamentó en la disponibilidad de los recursos adecuados (pizarras digitales), el escaso tiempo para experimentar diferentes alternativas y la sensibilidad a la exposición de la imagen personal en una plataforma pública. Las presentaciones también fueron guardadas como archivos con formato pdf para que los alumnos tuvieran la posibilidad de descargar los mismos y acceder al contenido de alguna manera en caso que existieran problemas de conexión a la plataforma para ver los videos. Por algunas cuestiones técnicas todos los videos fueron subidos a un canal de youtube al cual se accedía a través de un enlace puesto en la plataforma.

En la actualidad se tiene en el canal de youtube 38398 vistas y 2258 horas de tiempo de reproducción de los videos de teoría de ALGA, pero se apreció una baja significativa (alrededor de un 80%) a partir de mediados del mes de mayo.

Para la producción de los videos se hizo necesario conocer y trabajar con diferentes programas de edición de video y de audio. También se subió a la plataforma algunos videos relativos al uso de Geogebra y de la resolución de algunos ejercicios de práctica con el mismo.

Se adaptó el cronograma de la asignatura presentado a la facultad para la presencialidad, readecuando las fechas destinadas para cada tema de manera que se pudo abordar hasta el 31 de julio el programa completo.

3.2. Clases Prácticas.

Para desarrollar las clases prácticas cada jefe de trabajos prácticos elaboró material educativo y lo subió a la plataforma o lo compartió con sus alumnos de diversas maneras. Los más avanzados con la tecnología hicieron jugar a su favor la experiencia y realizaron videos con pizarras digitales sobre las temáticas a desarrollar y los subieron a youtube para que estuvieran a disposición de los alumnos.

Los demás optaron por alternativas más simples y cercanas a su conocimiento como por ejemplo presentaciones sin audio o archivos con formatos comunes y de menor tamaño. La respuesta de cada uno de ellos dependió de su edad, de su formación docente, de su experiencia con la tecnología y de la creatividad personal.

La parte práctica de la asignatura se divide en nueve trabajos prácticos cuyos temas son:

- TPN°1 Rectas – Triángulos – Polinomios
- TPN°2 Nociones de Lógica – Números Complejos
- TPN°3 Matrices – Sistemas de Ecuaciones Lineales
- TPN°4 Rectas y planos en R^3 .
- TPN°5 Espacios vectoriales y Subespacios
- TPN°6 Transformaciones Lineales
- TPN°7 Diagonalización – Autovalores y autovectores
- TPN°8 Ecuación de Segundo Grado en 2 variables – Cónicas
- TPN°9 Ecuación de Segundo Grado en 3 variables – Cuádricas

El curso correspondiente a ALGA en la plataforma se organizó por trabajos prácticos y por comisiones de práctica. De esta manera los alumnos disponían del material básico necesario para el desarrollo de cada práctico en la sección dedicada a ello y además contaron con material de apoyo adicional elaborado por el docente de su comisión para profundizar, complementar y/o reforzarlos contenidos básicos.

Cada docente de práctica tuvo libertad para pactar con los alumnos la forma de la entrega de los trabajos prácticos. Ya sea subiendo imágenes a la plataforma o a través del envío de archivos por WhatsApp.

3.3. Clases de Consulta.

Las clases de consulta fueron atendidas al comienzo a través de Foros y del Chat de la plataforma Moodle. Se vio que esta vía no es la más conveniente para este tipo de actividad por la demora en la respuesta y el inconveniente de tener que expresar de manera textual el lenguaje simbólico utilizado con abundancia en la asignatura. Nuestra plataforma no cuenta con el editor de ecuaciones que facilitaría esta tarea. Con el tiempo se incluyó Jitsi en la plataforma y las consultas pasaron a modo de videoconferencias lo cual mejoró la situación inicial pero existieron inconvenientes de conexión. Finalmente la Facultad puso a disposición la realización de videoconferencias a través de Google Meet modalidad que fue adoptada y aceptada por algunos docentes y el uso de aulas virtuales en la plataforma zoom. Otros en cambio crearon grupos de Whatsapp para las consultas.

3.4. Cuestionarios o evaluaciones temáticas.

Teniendo en cuenta la incertidumbre sobre una fecha probable de retorno a la presencialidad y como un instrumento de acompañamiento para los alumnos que estaban siguiendo las actividades propuestas en esta nueva modalidad, se decidió realizar, a modo de evaluación por tema, el día 10 de abril un primer cuestionario sobre el tema de números complejos del cual participaron 677 alumnos. El mismo estaba conformado por preguntas de tipo verdadero-falso.

La segunda evaluación por temas se realizó el día 30 de abril, participaron de la misma 533 alumnos y abarcó los temas matrices, sistemas de ecuaciones lineales y determinantes. También fue elaborada como un cuestionario con preguntas de tipo verdadero-falso.

3.5. Presentación de actividad incluida en los videos de teoría.

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los videos del contenido teórico incluyeron actividades que los alumnos tuvieron que presentar a los docentes de su comisión de práctica y de manera obligatoria. El objetivo principal de las mismas fue reflexionar críticamente y otorgar significado a los conceptos presentados mediante aplicación inmediata o cercana de los mismos, para contribuir a la adquisición de una competencia.

3.6. Experiencia de Simulacro de Parcial y Autoevaluación.

Con la intención que los alumnos, especialmente los ingresantes, conocieran como es un modelo de parcial que se toma en el cursado presencial, se realizó un simulacro de parcial en el cual los alumnos debían seguir las recomendaciones y actuar de manera similar a lo que ocurre en la presencialidad. Este simulacro fue realizado de forma voluntaria por parte de los alumnos y principalmente con el objetivo que conocieran cuales son las expectativas sobre su desarrollo y que incorporen criterios de autoevaluación. Para eso una vez finalizado el simulacro ellos enviaron su desarrollo y el día posterior se subió a la plataforma la clave de corrección completa para que cada estudiante se autocalifique y envíe nuevamente el parcial corregido al docente. La devolución de dicho trabajo se hizo en forma personalizada a través de las consultas a aquellos alumnos que tuvieron interés en preguntar sobre sus correcciones. Si bien esta experiencia fue recibida inicialmente con mucho entusiasmo por parte de los alumnos el porcentaje de participación fue bajo, pero sirvió para que tomaran conciencia si su nivel de conocimiento de los temas y el de comprensión de consignas adquirido hasta ese momento distaba de las expectativas.

3.7. Evaluaciones.

A diferencia de la modalidad de cursado presencial, en la cual se realizan 3 evaluaciones parciales, y siguiendo los plazos del cronograma modificado de la facultad para el cierre de planillas de promoción, durante el cursado virtual las instancias de evaluación se instrumentaron de la siguiente manera:

El día 3 de agosto se tomó el Primer Parcial que abarca los temas vistos en el curso de ingreso y el trabajo práctico 1. Esta evaluación se estructuró como un cuestionario de 8 preguntas de tipo de respuesta corta en la plataforma Moodle. Tuvo una duración de una hora.

El día 10 de agosto se tomó el Recuperatorio de este parcial con la misma modalidad.

El segundo parcial virtual que abarcó los temas restantes de la asignatura se realizó el día 18 de agosto y consistió en 2 bloques, uno teórico cuya duración fue de 15 minutos para responder preguntas de tipo verdadero-falso; y un bloque práctico cuya duración fue de 2 horas con preguntas de tipo ensayo donde los alumnos debían desarrollar las consignas en papel y lápiz y subir a la plataforma archivos de imagen con su trabajo para luego ser evaluados.

Para poder aprobar el 2° Parcial necesariamente se deben aprobar los dos bloques.

Hubo que hacer cambios en las condiciones de promoción, ya que se pasó de tres parciales a dos parciales y las actividades realizadas virtualmente no eran sumativas sino de carácter formativo.

Sin embargo se tuvo en cuenta en la nota final el grado de participación de los estudiantes en las actividades virtuales.

Se detalla a continuación el nuevo reglamento de promoción de ALGA en el cursado virtual del 1° cuatrimestre del 2020.

-Se realizarán 2 parciales y sus recuperaciones en forma virtual. El Primer Parcial incluye los temas del Ingreso y del TPN°1 de la asignatura y comprensión de consignas. Se respetará el premio obtenido por los alumnos en el curso nivelatorio, es decir que los alumnos premiados ya tienen el primer parcial aprobado.

El Segundo Parcial y su Recuperatorio, incluiría el resto de los temas (TPN°2 hasta TPN°9).

Se debe aprobar los dos parciales o sus recuperatorios. Los parciales se aprueban con 40 puntos sobre un total de 100 puntos.

Es obligatorio la presentación de todos los Trabajos Prácticos resueltos (desde el 2 al 9), que se evalúan como se hace siempre en la presencialidad (permitiendo a los alumnos que por problemas de conectividad no pudieron ir presentándolos a hacer una presentación completa vía mail a su docente de la práctica, antes del Recuperatorio del 2° parcial, es decir hasta el 30 de agosto.

La Nota Final de Promoción se obtiene de la ecuación (4):

$$NF = 0,85. PP + 0,15.NTP \quad (4)$$

Donde PP representa el Promedio ponderado de las Notas de los Parciales, y se calcula con la ecuación (5):

$$PP = 0,2 \text{ Nota Parcial 1} + 0,8 \text{ Nota Parcial 2} \quad (5)$$

NTP es la Nota obtenida por la presentación de los 8 Trabajos Prácticos, varía entre 70 y 100 puntos, (por cada TP presentado completo y prolijo se asigna 2 puntos, en caso contrario se asigna 1 punto). Para el cálculo de NTP se usa la ecuación (6):

$$NTP = 3,75. \text{ Total de Prácticos} + 40 \quad (6)$$

Los alumnos que obtengan $NF \geq 70$ serán promocionados con la Nota de Promoción de acuerdo a la Tabla 4 establecida por la Facultad.

Tabla 4 Nota de promoción P₁.

NF	Nota de Promoción P ₁
70 - 74	7
74 - 80	8
80 - 90	9
90 - 100	10

Los alumnos que hayan aprobado los parciales y obtengan $NF < 70$ deberán rendir un examen Global el 10 de septiembre (incluye todos los TP, desde 1 al 9), que se aprobará con 60 puntos y que se promediará con la NF obtenida. Con esa Nota Promedio (NP) se calculará la Nota de Promoción en la Tabla 5 establecida por la Facultad.

Tabla 5 Nota de promoción P₂.

NP	Nota de Promoción P ₂
50 - 55	4
55 - 60	5
60 - 65	6
65 - 71	7
71 - 76	8
76 - 80	9
80 - 85	10

Esta forma de evaluar permitirá a todos los alumnos inscriptos rendir los parciales y lograr promocionar si obtienen 70 puntos o más. (Aunque no hayan podido trabajar en forma virtual)

Pero también se tendrá en cuenta el trabajo realizado por los estudiantes que participaron activamente de manera virtual:

El porcentaje de participación en actividades que realizó el estudiante de manera virtual, a través de la Plataforma y que fue registrado por cada docente de la comisión, será tenido en cuenta con un puntaje PLUS que se sumará a su Nota final NF obtenido de la Tabla 6:

Tabla 6 Puntaje extra.

Porcentaje de Participación (%)	Puntaje PLUS sumado a su NF o NP
0-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	6
80-100	8

NOTA: Los alumnos que no hayan alcanzado la promoción, pueden volver a cursar la asignatura en el 2° Cuatrimestre

4. RESULTADOS.

Presentamos a continuación los resultados obtenidos en el cursado del primer cuatrimestre de ALGA.

Inscriptos en la asignatura para cursar el 1° C/2020: 2156 (16/03/2020)

Alumnos que realmente iniciaron el cursado virtual: 686 (32%) (20/03/2020)

Alumnos que obtuvieron premio en curso de ingreso: 196 (9% sobre inscriptos) (20/04/2020)

Alumnos que rindieron el 1° Cuestionario Virtual: 677(98% sobre cursantes) (10/04/2020)

Alumnos que rindieron el 2° Cuestionario Virtual: 533 (78% sobre cursantes) (30/04/2020)

Alumnos que presentaron actividad teórica: 150 (22% sobre cursantes) (22/05/2020)

Alumnos que realizaron el Simulacro de parcial: 108 (16% sobre cursantes) (3/06/2020)

1° Parcial (03/08/2020) rindieron 452: 282 aprobados.

2° Parcial (18/08/2020) rindieron 198: aprobados 110.

Abandonaron 2° Parcial: 84 alumnos.

Alumnos que promocionaron en la primera instancia: 102 (92% de los aprobados en el segundo parcial).

Alumnos que promocionaron en la segunda instancia (global): 2.

Abandonaron en el global: 8.

Total de alumnos promocionados: 104 (15% de los cursantes).

En el transcurso del dictado virtual es notable la baja en participación de los estudiantes en las tareas de seguimiento, que comenzó con una participación del 98% sobre los cursantes y terminó en un 16%.

Cabe aclarar que aquellos alumnos que no tuvieron actividad virtual en la plataforma, igual podían rendir los parciales y cumplimentar al final del cuatrimestre la presentación de los Trabajos Prácticos. Esta medida se tomó en función del pedido de la Facultad de brindar oportunidades a todos los estudiantes inscriptos a la asignatura. Por este motivo el porcentaje de estudiantes que rinden los parciales sube en relación a los alumnos que participaban realmente de las actividades virtuales.

5. CONCLUSIONES.

En la presencialidad, del total de inscriptos solo cursan efectivamente el 52%, en la virtualidad ese porcentaje bajó al 32%.

Se observa un importante porcentaje de deserción en el cursado virtual, ya que estaban en condiciones de rendir el 2° Parcial 282 estudiantes, y rindieron 198, lo que muestra que un 30% abandonó en esa instancia. La deserción observada no sólo se debe a la complejidad de la asignatura sino también se origina en múltiples factores como problemas familiares, económicos, sociales, de conectividad y de adaptación a la nueva modalidad entre otros.

En el cursado presencial, en los últimos 5 años el porcentaje promedio de aprobados en 1° Parcial sobre cursantes fue de un 45% y en la virtualidad del 41%. Si bien bajó un poco, se considera dentro de la normalidad.

En cuanto al 2° Parcial el porcentaje de aprobados fue del 16%, no puede compararse directamente con los resultados obtenidos en cursado presencial porque en ese caso se divide en 2° y 3° parcial. El porcentaje de promocionados sobre cursantes fue de 15% en la virtualidad, cifra similar al promedio obtenido de los últimos cinco años en el primer cuatrimestre (16,5%).

Es de destacar la baja participación de los estudiantes en los foros de consultas, como así también en las consultas ofrecidas a través de google meet. Hubo una tendencia de mayor uso de WhatsApp de los estudiantes con sus docentes de práctica, lo que quizás se puede entender en un alumno que recién ingresa a la universidad y busca cierta familiaridad con el docente que ya conoce.

Si bien los números no están lejos de los obtenidos presencialmente, debe tenerse en cuenta lo que manifestaron los estudiantes a sus docentes de práctica, que el cursado virtual les resultaba difícil por diversos motivos: mala conectividad, falta de comunicación con los compañeros en el momento de aprendizaje de un tema, desconocimientos de algunos recursos tecnológicos, mucha información que tenían que entender solos sin la ayuda de un docente, sentimientos de soledad en el cursado virtual por la falta de contacto presencial con los otros.

Desde la experiencia de los docentes, se puede afirmar que dada la escasa preparación con que ingresan los alumnos del nivel medio, el cursado virtual de una asignatura como ALGA resulta más complicado para el estudiante, ya que se presentan serios problemas con la comprensión de consignas, lo que dificulta a muchos el poder aprobar los parciales online.

Los instrumentos de evaluación virtual a utilizar fueron discutidos por parte de los docentes, ya que al tener un número grande de cursantes hubo que pensar mucho el formato de los mismos, buscar la manera para lograr una corrección rápida pero no solo con múltiples opciones, sino analizando los procedimientos y justificaciones de los estudiantes en el desarrollo de los problemas, analizar y probar los tiempos destinados a cada examen y el control para evitar copias.

Debido al escaso tiempo destinado para realizar los Parciales, una vez finalizado el dictado, se tuvo que tomar dos parciales en lugar de tres, lo que aumentó la dificultad al estudiante ya que el 2° Parcial abarcaba lo que en la presencialidad se separa entre 2° y 3° parcial. Esto no permite al docente evaluar en detalle muchos procedimientos, como así tampoco los conceptos realmente adquiridos por los estudiantes. Se considera que la Evaluación es el principal tema a mejorar para el próximo dictado.

De acuerdo a lo vivido en esta primera experiencia de dictado virtual se pueden rescatar muchas cosas para aprovechar en el siguiente cuatrimestre, por ejemplo todo el material realizado por los docentes de teoría que podrá ser utilizado como base para organizar de otra manera las clases teóricas, intentando tener un mayor acercamiento con los estudiantes, incorporando más recursos tecnológicos amigables, tanto para los alumnos como para los profesores. Fue muy positivo para los estudiantes el uso del software Geogebra, como apoyo para la visualización de la geometría y como un recurso de autoevaluación. Realizar un simulacro del 2° Parcial, previo a la fecha del examen, ayudó a los estudiantes, observándose que casi no hubo inconvenientes durante dicha evaluación, a diferencia del 1° Parcial, en el que los estudiantes tuvieron algunos problemas por falta de práctica en evaluaciones virtuales, específicamente en la distribución del tiempo. El haber creado un simulador para aprender a subir archivos a la Plataforma fue considerado por los alumnos como algo muy útil.

Se cuenta con una gran variedad de videos y archivos realizados por los profesores de práctica de todos los temas de la asignatura que podrán ser enriquecidos en calidad y variedad.

En el próximo cuatrimestre se tiene la ventaja que se sabe que el cursado será totalmente virtual desde el inicio, por lo que no se cargará con la incertidumbre vivida hasta el último día del primer cuatrimestre, lo que generó ansiedad y estrés, tanto en docentes como en los estudiantes. Además durante el primer cuatrimestre los docentes se perfeccionaron en el uso de diversos recursos tecnológicos que no utilizaban y en la confección de actividades y evaluaciones virtuales a través de cursos y tutoriales online, tarea que debe ser continua para mejorar la enseñanza y el aprendizaje del álgebra y la geometría.

6. REFERENCIAS.

- [1] Ferreira Szpiniak, Ariel. (2020). "Estrategias de enseñanza en la virtualidad". Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. https://www.evelia.unrc.edu.ar/evelia/portal/files/articulosAulasExtendidas/Estrategiasdeen_senanzaenlavirtualidad.pdf
Recuperado el 27/08/2020
- [2] Ramirez Toledo. A. (2012). El Constructivismo Pedagógico. <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/EI%20Constructivismo%20Pedag%C3%B3gico.pdf> Recuperado el 27/08/2020
- [3] Lehmann, Francisco. (2016). "La virtualidad en la educación superior y su influencia en la transformación del sistema educativo". *Revista Ciencia e Investigación*. Tomo 66 N°5. Págs. 35-37. Argentina. <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-cei-3/>
Recuperado el 25/08/2020.
- [4] Zambrano Acosta, Jinmy; Leyva, Amauris; Milán Licea, María. (2018). La virtualidad como alternativa de formación universitaria. *Revista didasc@lia: Didáctica y Educación Vol.9 N°2*. Págs. 159-178. ISSN-e 2224-2643. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/499935>
Recuperado el 25/08/2020.
- [5] Instituto Internacional para la educación Superior en América Latina y el Caribe (UNESCO). (2020). "COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones". <http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-060420-ES-2.pdf>
Recuperado el 26/08/2020.
- [6] Guo, Philip; Kim, Juho; Rubin, Rob. (2014). "How Video Production Affects Student Engagement: An Empirical Study of MOOC Videos". https://pg.ucsd.edu/publications/edx-MOOC-video-production-and-engagement_LAS-2014.pdf
Recuperado el 22/03/2020.

Adaptaciones en el proceso de enseñanza en la cátedra de Probabilidad y Estadística en tiempos de pandemia.

Minnaard, Claudia*; Torres, Zulma

*Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Camino de Cintura y Juan XXIII – Llavallol – Buenos Aires - Argentina
minnaardclaudia@gmail.com*

RESUMEN.

La pandemia ha generado adaptaciones en el proceso de enseñanza de las distintas cátedras. Desde el año 2006 en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora se implementa la modalidad blended learning o aprendizaje mezclado, combinando presencialidad y virtualidad. El pasaje a una enseñanza a distancia ha implicado una serie de modificaciones y adaptaciones que se describen en el presente trabajo. Uno de los primeros cambios que el alumnado advierte es la necesidad de incrementar de forma notable sus competencias en el uso de tecnologías con funciones educativas, que no serían necesarias para llevar a cabo presencialmente el mismo tipo de actividad de aprendizaje. Por lo cual, el equipo docente de la cátedra ha reformulado el espacio virtual existente en función de las habilidades adquiridas en las cursadas con modalidad mixta. Con el objetivo de reducir ciertas resistencias propias (y lógicas) del alumnado al encontrarse en un entorno totalmente nuevo. En el presente trabajo se describen las adaptaciones realizadas en las distintas secciones del aula virtual, así como las modificaciones en las interacciones entre los estudiantes.

Palabras Claves: Enseñanza, Probabilidad, Estadística, Innovación.

ABSTRACT

The pandemic has generated adaptations in the teaching process of the different chairs. Since 2006, in the Chair of Probability and Statistics of the Faculty of Engineering of the University of Lomas de Zamora, the blended learning or blended learning modality has been implemented combining face-to-face and virtuality. The transition to distance learning has involved a series of modifications and adaptations that are described in this paper. One of the first changes that students notice is the need to significantly increase their skills in the use of technologies with educational functions, which would not be necessary to carry out the same type of learning activity in person. Therefore, the teaching team of the chair has reformulated the existing virtual space based on the skills acquired in those studied with mixed modality. With the aim of reducing certain own (and logical) resistance of the students when being in a totally new environment.

The present work describes the adaptations made in the different sections of the virtual classroom, as well as the modifications in the interactions between the students.

Keywords: Teaching, Probability, Statistics, Innovation

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje eficaz requiere que los alumnos operen activamente en la manipulación de la información a ser aprendida, pensando y actuando sobre ello para revisar, expandir y asimilarlo. Por lo tanto y desde una perspectiva didáctica, estamos construyendo competencias. [1]

Se enfoca esta situación como “una necesidad de recurrir a procedimientos evaluativos que aporten evidencias de que el estudiante está interrelacionando sus conocimientos previos con los nuevos aprendizajes que se le presentan”. [2]

Probabilidad y Estadística es común a todas las carreras de Ingeniería en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora (FI-UNLZ). Las carreras de grado que se cursan en la Unidad académica son: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Ferroviaria e Ingeniería Mecatrónica. La carga horaria corresponde a 64 horas totales por cuatrimestre, con una frecuencia de 4hs por semana presenciales. La modalidad de enseñanza se encuadra en el modelo Blended Learning (presencialidad + virtualidad). La cátedra tiene su aula virtual alojada en la plataforma institucional. El aula virtual se ha ido optimizando desde el año 2006, permitiendo tener un repositorio del material utilizado en las clases, así como también un espacio de interacción e intercambio con los docentes y entre los alumnos a través de los foros.

Tabla 1. Evolución inscriptos a cursada, aprobados y porcentaje de regularizados sin ausentes

Año	Inscriptos a cursada	Aprobados	Porcentaje de Regulares sin ausentes
2007	95	44	56%
2008	202	150	78%
2009	276	240	87%
2010	324	290	90%
2011	295	245	85%
2012	287	254	89%
2013	237	201	85%
2014	212	68	87%
2015	208	78	87%
2016	194	90	92%
2017	169	81	89%
2018	197	109	83%
2019	228	141	89%
1C2020	137	101	92%

En este sentido, como se muestra en la Tabla 1, la evolución de los resultados para la cátedra, han mejorado notablemente. Como así también, a nivel institucional, en los espacios virtuales con mayor potencial para la comunicación y acceso a la información, que se puede observar detallado en la Figura 1.

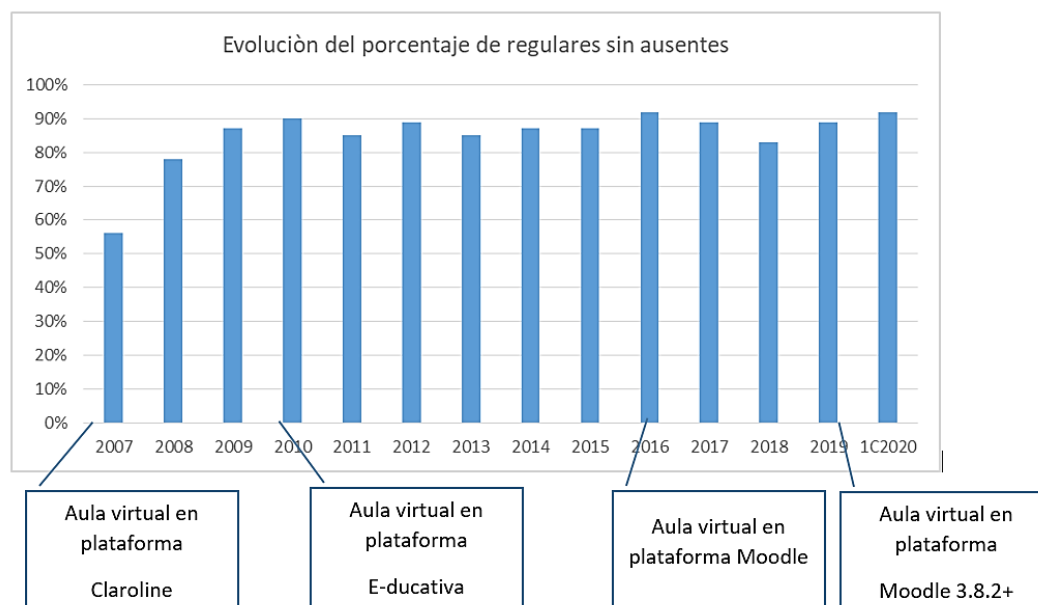


Figura 1. Evolución porcentaje de regularizados sin ausentes

A partir de la pandemia por COVID 19, con la implementación del Decreto 297/2020 indicando que las personas sólo podrán realizar desplazamientos mínimos e indispensables para aprovisionarse de artículos de limpieza, medicamentos y alimentos, hubo que realizar diversas adaptaciones para pasar a la modalidad totalmente virtual.

Esto conlleva algunas implicaciones, que Barberà *et al.* señalan: Uno de los primeros cambios que el alumnado va a advertir, incluso antes de plantearse la realización de algún tipo de actividad de enseñanza y aprendizaje a distancia o virtual, va a ser la necesidad de incrementar de forma notable sus competencias en el uso de tecnologías con funciones educativas, que no serían necesarias para llevar a cabo presencialmente el mismo tipo de actividad de aprendizaje [3]. Por lo cual, el equipo docente de la cátedra de Probabilidad y Estadística reformuló el espacio virtual existente en función de las habilidades adquiridas en las cursadas con modalidad mixta. Con el objetivo de reducir ciertas resistencias propias (y lógicas) del alumnado al encontrarse en un entorno totalmente nuevo.

La página del curso se organiza en secciones temáticas: el formato Grid o de cuadrícula, proporciona una ventana con accesos a las propuestas de la cátedra, que se planifican para ser presentadas a los estudiantes semanalmente. Al aspecto de los tópicos, que se pueden observar en la Figura 2, se le suman interacciones propias del espacio virtual: al desplazar el cursor encima del icono, el alumno obtiene una breve descripción del nuevo material. Y en la elección de este diseño y dinámica se ha tenido especial cuidado para que se adapte a las pantallas múltiples entre los estudiantes (celulares, computadoras de escritorio y/o portátil, o tabletas).



Figura 2. Estructura del aula virtual en bloques interactivos

El contenido de cada propuesta se organiza por medio de etiquetas, donde el participante tiene acceso al Material para abordar la temática de modo virtual -en la sección titulada MATERIAL DE ESTUDIO- y Actividades de autoevaluación -en la sección titulada ACTIVIDADES- con varios recursos de la plataforma Moodle. En la Figura 3 se presenta la estructura de los primeros bloques, en la cursada del primer cuatrimestre 2020, donde se adicionó el acceso a experiencias multimediales y recursos alojados en la web -en la sección LABORATORIO & SIMULACIÓN- por fuera del aula virtual, que invitan a los estudiantes a visitar sitios con simulaciones para contextos educativos (Simulaciones PhET, Genially, H5P entre otras).

Las plataformas y las aulas virtuales ofrecen una muy amplia gama de herramientas oportunas para el seguimiento sobre las evidencias del saber adquirido por los alumnos que permiten:

- Realizar cualquier tipo de evaluación: diagnóstica – procesual – sumativa
- Aplicar instrumentos de: redacción abierta; construcción; cerradas objetivas en todas sus variantes (selección múltiple, doble alternativa, enlazamiento, completamiento, ordenamiento, etc.); mixtos con preguntas abiertas y cerradas, utilizando multimedia e hipertextos.

Además, califican automáticamente las respuestas de tipo cerrado pudiendo establecer los tiempos de respuestas para que se cierre el enlace o no entren otras variables de aplicación [4], tales como:

- ✓ Cambiar una respuesta dada antes de guardar.
- ✓ Dar los resultados de aprobación/desaprobación con la respuesta correcta.

- ✓ Dar la opción de rehacer el examen aplicando el azar para la selección de las preguntas de la actividad.
- ✓ Programar escalas de calificación para cada tipo de actividad, cuali y cuantitativas.
- ✓ Ofrecer un registro estadístico de los resultados totales.

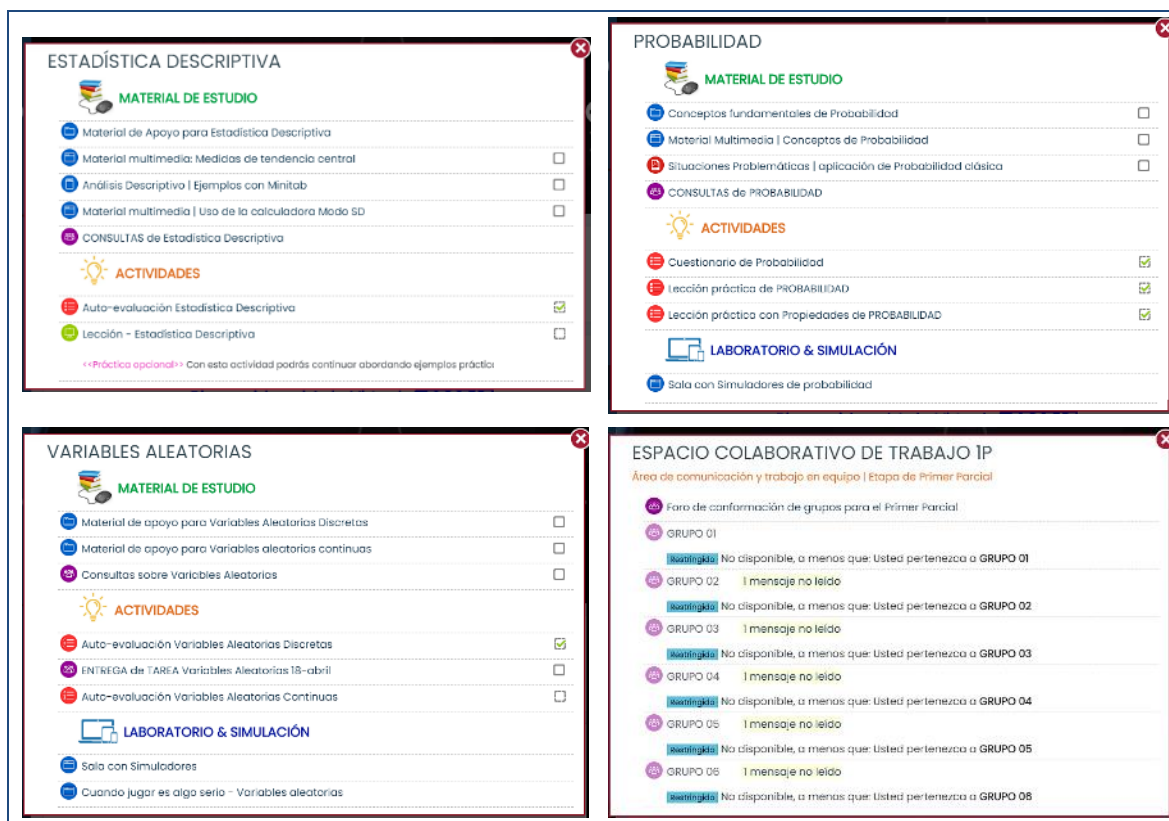


Figura 3. Estructura de cada bloque interactivo

Un aspecto a destacar tiene que ver con las actividades de gamificación propuestas en la unidad de Variables aleatorias (Figura 4). Para este curso, se diseñó la secuencia con herramientas de Genially (en: <https://view.genially.com/5e8b43d0c6fc900e022f5c5/game-breakout-variables-aleatorias-claudia-minnaard>), y de cursos precedentes, se contaba con infografías interactivas embebidas en cuestionarios de autoevaluaciones, y en lecciones o tutoriales que incluyen ejemplos con software.



Figura 4. Gamificación - Variables aleatorias

Las potencialidades de Moodle y la gestión del aula virtual por parte del equipo docente de la cátedra de Probabilidad y Estadística (FI-UNLZ) permiten contar con: un portafolio de actividades para trabajar estrategias diversificadas, un banco de preguntas robusto que permite personalizar tests con cuestiones aleatoriamente, una selección de material bibliográfico de acceso digital -con enfoque técnico, que aplica tecnología estadística- y en este curso se suma las videoconferencias, ante la imposibilidad de los encuentros presenciales.

2. DESARROLLO

La producción de objetos de aprendizaje haciendo uso de las TIC y potencialidades del Aula virtual de Probabilidad y Estadística, ha ido evolucionando utilizando los recursos que las distintas plataformas han ofrecido. Asimismo, se han modificado las estrategias utilizadas (Tabla 2).

Tabla 2. Evolución de las actividades Período 2012-2020

2012 -2015	Período 2016-2018	Período 2019	Período 2020
Prácticos 2(dos)	Trabajos Prácticos 4(cuatro)	Autoevaluaciones (una por unidad temática)	Autoevaluaciones (una por unidad temática)
Modalidad virtual	Modalidad virtual	Modalidad virtual	Modalidad virtual
Resolución grupal	Resolución individual	Resolución individual	Resolución individual
Parciales 2(dos)	Parciales 2(dos)	Parciales 2(dos)	Parciales 2(dos)
Presenciales	Presenciales	Presenciales	Virtuales
Modales	Individuales	Grupales con defensa oral y apoyo de material audiovisual	Grupales con defensa oral y apoyo de material audiovisual
Recursos	Otros recursos	Otros recursos	Otros recursos
Exposiciones con material audiovisual y presentaciones de	6 (seis) Bloques con material multimedial de apoyo; y ejemplos utilizando recursos de office y Minitab.	6 (seis) Bloques con material multimedial de apoyo; y ejemplos utilizando recursos de office (Megastat) y Minitab.	6 (seis) Bloques con material multimedial de apoyo; y ejemplos utilizando recursos de office (Megastat) y Minitab.
Foro de consulta para cada unidad temática	Cada bloque cuenta con Cuestionario de autoevaluación y Foro de Consulta.	Cada bloque cuenta con Cuestionario de autoevaluación y Foro de Consulta.	Cada bloque cuenta con Cuestionario de autoevaluación y Foro de Consulta.

2.1. Espacio virtual actual

En el escenario de cursadas precedentes, las docentes y los estudiantes coincidíamos una vez a la semana en tiempo y espacio, con prácticas virtuales que complementaba el curso al expandir o asimilar el campo de la aplicación. Solamente cambiando una de esas coordenadas, el tiempo o el espacio, la vivencia educativa y sus formas de desarrollo varía significativamente [5]. Por un lado, en este cambio de escenario, se reflexionó sobre los mecanismos para obtener feedback: la posibilidad de contrastación y mejora. Por otro lado, se acordó elaborar y/o presentar información hipermedia adecuada a las características del grupo, dado el nuevo entorno y sus posibilidades. A continuación, se detallan los distintos espacios utilizados:

i) Cronograma, planificación o plan de trabajo.

En el espacio de Presentación General se indican: Proyecto de cátedra, Cronograma detallado de cada una de las actividades, Metodología de trabajo, Docentes responsables, Condiciones de regularidad y promoción.

Las herramientas de la plataforma Moodle nos permiten mostrar la secuenciación de los Lineamientos Generales, con accesos a recursos interactivos (Figura 4) y modos de navegación que se ajustan al tipo de dispositivo con el que se participe. En particular, se puede recorrer sin necesidad de la descarga de documentos digitales. Esto lo hace accesible desde cualquier terminal y descargable, sólo si el participante lo requiere.



Figura 4. Presentación general

ii) Espacios de trabajo colaborativo.

Son diversos los espacios colaborativos: Foros de consulta en cada una de las unidades temáticas, Área de comunicación y trabajo en equipos (Figura 5 / Figura 7), para cada uno de los parciales con foros grupales (Figura 6).

El énfasis sobre la modalidad de trabajo siempre se sustenta en *Competencias sociales, políticas y actitudinales* que se declaran en el proyecto de la cátedra, en línea con las Competencias de egreso del ingeniero [6], y que llevan a concepciones sobre el proceso centrado en el alumno:

- ✓ Implicación de los alumnos en el proceso de aprender.
- ✓ Uso y comunicación de lo que han aprendido en contextos reales.
- ✓ Focalización interdisciplinaria.

Cabe destacar que todo el trabajo en los foros, tanto en forma grupal como individual, se releva utilizando Rúbricas de Evaluación, y forma parte de la nota para la regularidad y la promoción.



Figura 5. Espacio colaborativo Primer Parcial



Figura 6. Foros de intercambio en el espacio colaborativo Primer Parcial



Figura 7. Espacio colaborativo Segundo Parcial

iii) Flujo de actividades y aspectos de la evaluación continua

Para obtener retroalimentación o feedback, junto a la posibilidad de contrastación y mejora, hemos puesto en marcha una secuencia de actividades que incluye a todos los actores, en un ambiente de alta disponibilidad tecnológica [7]. Esto significa, la inclusión digital de todos los alumnos del curso con los facilitadores y obstáculos que ello involucra: múltiples pantallas, conexión a internet de diferentes modos, dispositivos de uso compartido, o la robustez de la plataforma virtual en situación de alta demanda.

La secuencia inicia con la publicación del bloque temático, 48 hs antes de la clase, que incluye el anuncio de la videoconferencia agendada para el encuentro remoto semanal. En la clase, la docente presenta la temática con medios digitales, e interactúa con los participantes por mensajería instantánea y audio, disponible en la plataforma virtual. El abordaje de los contenidos contempla ejemplos en contextos reales y aplicación de las tecnologías estadísticas, las cuales también se utilizan en las intervenciones de la virtualidad. Como se ilustra en la Figura 8, a partir de este punto, los estudiantes transitan el espacio virtual con objetivos de aprendizaje y autorregulación del proceso formativo: cada actividad secuenciada exige un puntaje mínimo para avanzar.

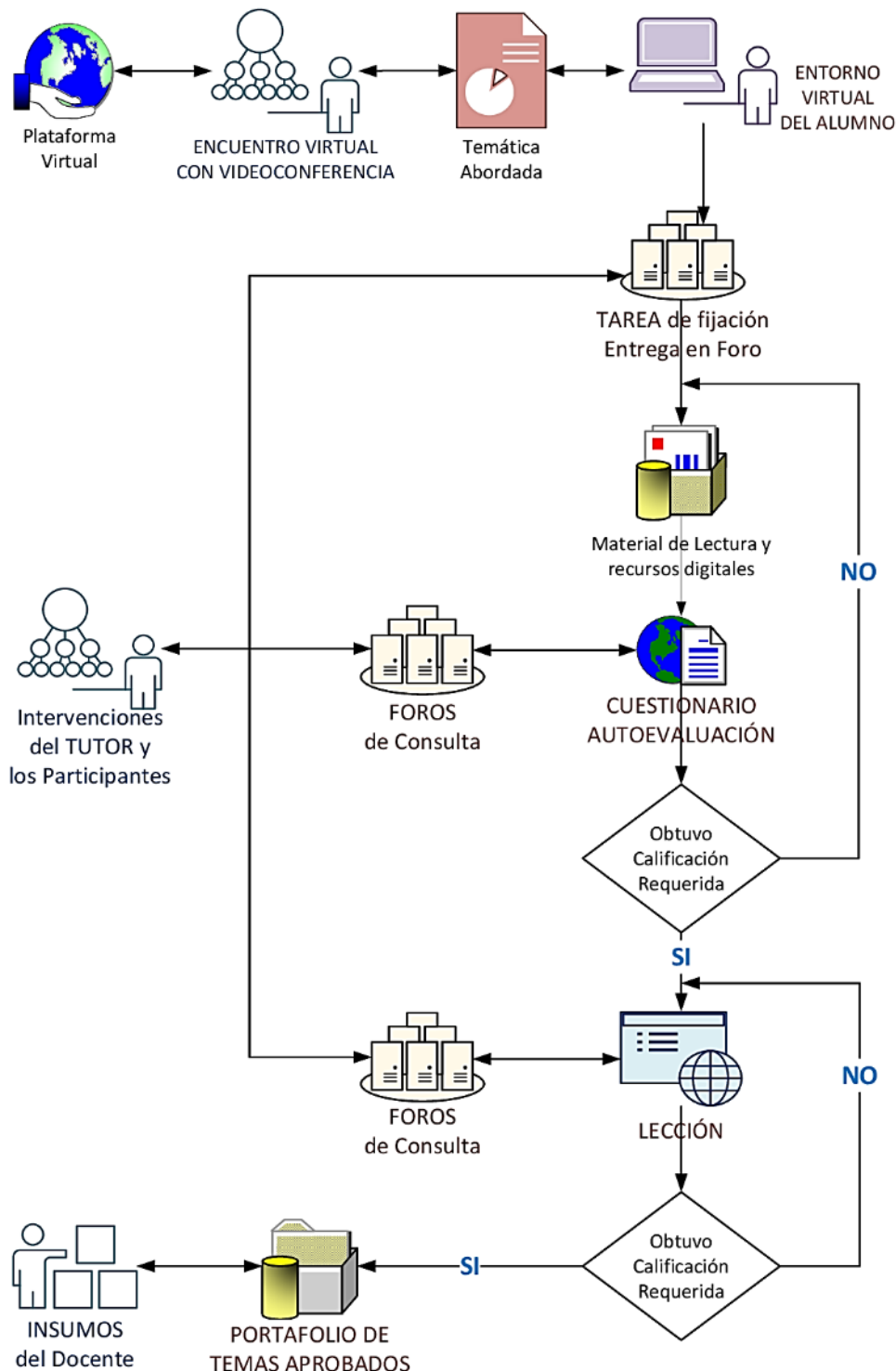


Figura 8. Flujo de Actividades

El flujograma contiene las posibilidades tecnológicas que presentan los instrumentos seleccionados para mediar los procesos comunicativos. Por lo general, hay un intercambio asincrónico de materiales hipermedia: imágenes, cuadros de texto enriquecido, documentos digitales colaborativos, videos en la web. Y la plataforma nos permite registrar el proceso con el portafolio del curso.

iv) Gestión del calificador

La plataforma virtual brinda un reporte de las calificaciones de los estudiantes. Esta herramienta de gestión (Figura 9) registra todas las acciones que efectúa el alumno a lo largo de su proceso de aprendizaje, de modo individual o en grupo, con escala numérica y con escala categórica según el tipo de recurso interactivo que se ponga en juego.

El reporte del calificador está disponible, para la consulta del alumno, a través de varios accesos directos del campus virtual (Figura 10). Es útil para autorregular y detectar aspectos para la mejora. En cuanto a los vestigios digitales e insumos del docente, en este curso hemos adoptado, hace ya tiempo, reflejar en el Calificador del aula virtual todas las interacciones: y este resumen se puede descargar en formato de planilla de cálculo, cuando es requerido.

Figura 9. Reporte del calificador en Moodle

Ítem de calificación	Calificación	Rango	Porcentaje	Retroalimentación
Probabilidad Y Estadística				
Trayecto Virtual Obligatorio				
Auto-evaluación Estadística Descriptiva	10.00	0-10	100.00 %	
Cuestionario de Probabilidad	10.00	0-10	100.00 %	
Lección práctica de PROBABILIDAD	9.29	0-10	92.86 %	
Lección práctica con Propiedades de PROBABILIDAD	10.00	0-10	100.00 %	
Auto-evaluación Variables Aleatorias Discretas	10.00	0-10	100.00 %	
Auto-evaluación Variables Aleatorias Continuas	8.75	0-10	87.50 %	
Auto-evaluación de Dist. de Estimadores e Intervalos de confianza	10.00	0-10	100.00 %	
Auto-evaluación Pruebas de Hipótesis para una población	8.75	0-10	87.50 %	
Auto-evaluación con Pruebas de Hip. para dos poblaciones y ANVA	7.35	0-10	73.50 %	

Figura 10. Reporte del usuario en Moodle

2.2. Competencias Tecnológicas

Atendiendo al desarrollo y fortalecimiento de las competencias de egreso genéricas comunes a todas las carreras de ingeniería [6], la cátedra de Probabilidad y Estadística se propone desarrollar

entre nuestros estudiantes la habilidad para manejar grandes volúmenes de información, ser consumidores críticos de la información que otros presentan, y ser capaces de reducir grandes cantidades de información en forma concisa y significativa para tomar decisiones efectivas. Para esto, se propone en cada unidad temática el uso de software de estadística, sustituyendo muchos ejemplos que requieren cálculos, con problemas en contextos reales y bases de datos concretas, que se analizan mediante aplicaciones instaladas en el ordenador y/o en el dispositivo móvil.

A continuación, se muestran algunas aplicaciones y software para ejecutar funciones estadísticas y analizar bases de datos en contextos ingenieriles, y que se trabajan en el curso.

Una app sencilla de descargar y de utilizar en la interfaz de los dispositivos móviles es Probability Distributions (en https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mbognar.probdist&hl=es_AR), que contiene las distribuciones de Probabilidad más utilizadas, con la ventaja de que además, las grafica.

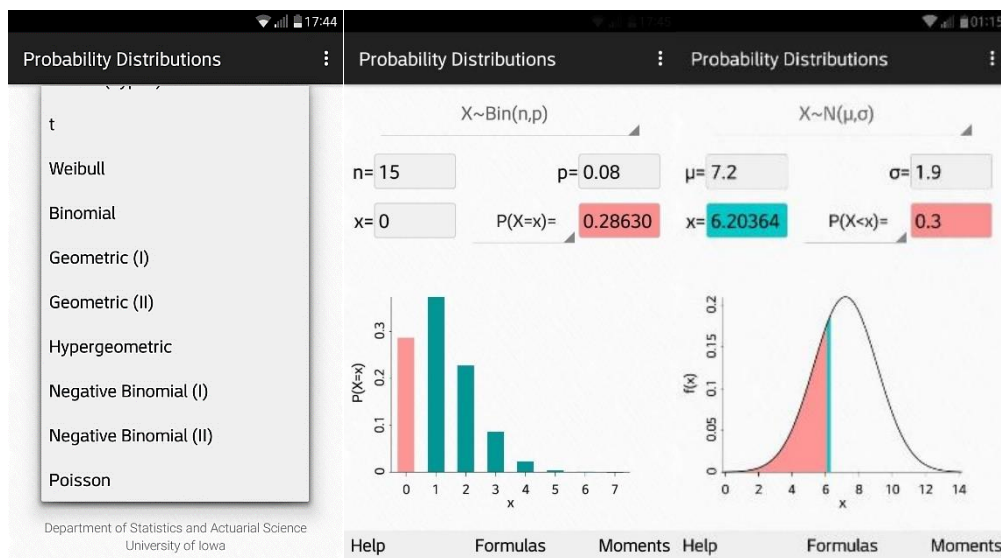


Figura 11. Aplicaciones de Probability Distributions

Otro software utilizado es Minitab® (<https://www.minitab.com/es-mx/>). A través de este software se pueden examinar datos actuales y del pasado para buscar tendencias y predecir patrones, descubrir relaciones ocultas entre las variables, visualizar las interacciones de los datos e identificar factores importantes.

En la bibliografía de referencia como en el material multimedia que se presenta en el entorno del aula virtual (Figura12), los estudiantes encuentran ejemplos que los familiarizan con los comandos y salidas de este asistente estadístico, que se puede obtener con licencia free temporal.



Figura 12. Aplicaciones usando Minitab®

También se utiliza MegaStat®, (<https://megastat.software.informer.com/Descargar-gratis/>), un complemento desarrollado para Excel que realiza análisis estadísticos dentro de una hoja de cálculo. Una vez instalado aparece en la franja de los Complementos de Excel y funciona como cualquier otra opción de esta aplicación del office. MegaStat realiza funciones básicas (Figura 13), tales como estadísticas descriptivas, distribuciones de frecuencia, y cálculos de probabilidad, así como prueba de hipótesis, análisis de la varianza (ANOVA), regresión, con resúmenes y gráficas.

En formato de material hipermedia (Figura 14) se viene sumando al espacio del aula virtual paquetes de apoyo para los comandos, carga de datos y salidas de informe al utilizar este complemento de Excel. Cómo en el bloque de Intervalos de Confianza, donde se presenta una guía interactiva para esta experiencia en Genially (en: <https://view.genial.ly/5dad5424c1d5c40fe086eb87/horizontal-infographic-lists-intervalos-de-confianza-info>)



Figura 13. Aplicaciones usando MegaStat®

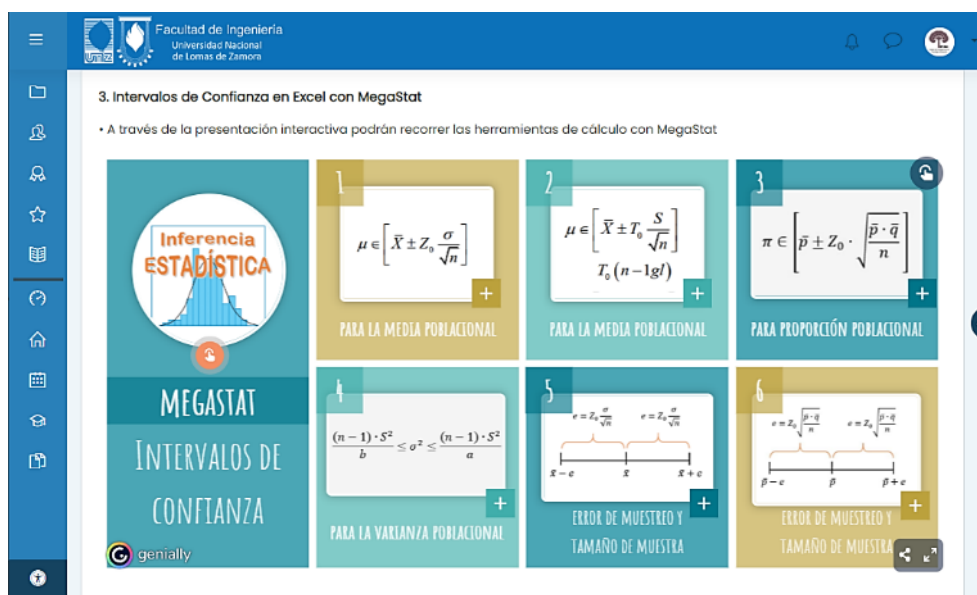


Figura 14. Guía interactiva para aplicar MegaStat®

3. CONCLUSIONES.

La pandemia ha forzado la transformación de una enseñanza en el modelo blended learning o aprendizaje mezclado (presencialidad + virtualidad) que la cátedra de Probabilidad y Estadística de la FIUNLZ viene desarrollando hace más de 10 años, a un modelo totalmente a distancia.

Esta reconversión se ha implementado utilizando todas las herramientas que la plataforma Moodle facilita, permitiendo de esta manera tener la trazabilidad del desempeño de los estudiantes a través de los vestigios digitales, así como todas las actividades propuestas. La adaptación de los distintos espacios en el aula virtual con la incorporación de actividades de gamificación, así como los videos explicativos de los distintos softwares han completado las actividades que se realizaban en la presencialidad en la nueva modalidad a distancia.

Un tema a destacar es la baja deserción que han tenido los estudiantes.

Post pandemia tendremos que analizar cuáles de los recursos desarrollados han venido para quedarse.

4. REFERENCIAS.

- [1] Minnaard, C. & Minnaard, V. (2014). Evaluación por competencias en Entornos Virtuales de Aprendizaje. XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. En:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/43712/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] Ahumada Acevedo, P. (2005). Hacia una evaluación auténtica del aprendizaje. Paidós Educador, México.
- [3] Barberà, E. & Badia, A. (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. [artículo en línea]. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC) (vol. 2, n° 2). UOC. En:
<http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/barbera.pdf> [consultado: 05/08/2020].
- [4] Plazaola, M. (2011) Actividades de evaluación en Plataformas Moodle. Net Learning. En: <http://www.netlearning.com.ar/> [consultado el 01/08/2020]
- [5] Barberà, E. & Badía, A. (2004) Educar con aulas virtuales. Orientaciones para la innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Antonio Machado Libros SA. Vol. CXLVII de la colección Aprendizaje, Madrid.
- [6] Anónimo (2014). Competencias en Ingeniería. Documentos de CONFEDI. eBook. Universidad FASTA, Mar del Plata.
- [7] Maggio, M. (2012). Enriquecer la Enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad. Paidós, Buenos Aires.

Experiencia de la aplicación del aprendizaje basado en proyectos en la carrera de Ingeniería Industrial

Gadaleta, Liliana*; Delmonte, Pablo; Massano, Ricardo; Carrizo, Guillermo

**Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Mar del Plata.
Av. Juan B. Justo 4302, (7600) Mar del Plata
dii@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN.

La demanda de ingenieros con competencias que privilegien la aplicación de conocimientos en la práctica, el trabajo en equipo, la capacidad de aprender, emprender, plantear y resolver problemas, tomar decisiones, además de habilidades para la comunicación de forma oral y escrita, conduce a la necesidad de utilizar modelos innovadores de aprendizaje que logren potenciar las capacidades de los estudiantes.

En este marco, con el objetivo de abandonar el modelo tradicional de enseñanza-aprendizaje empleado, la Cátedra de "Ingeniería Económica para empresas industriales y de servicios" de la carrera de Ingeniería Industrial, implementó, durante el segundo cuatrimestre de 2019, la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Este es un modelo de aprendizaje en el cual los estudiantes trabajan de manera activa sobre un proyecto, buscan información, planifican, debaten y formulan el proyecto que tiene aplicación en el mundo real más allá del aula de clase.

En este trabajo se describe esta experiencia, desde su diseño hasta la evaluación de los resultados obtenidos.

Si bien ha demandado un gran esfuerzo tanto para los estudiantes como para los docentes, los resultados de la experiencia, tomando como indicadores la encuesta de opinión de los involucrados y los resultados académicos logrados, han sido positivos.

Los proyectos realizados por los equipos y presentados al auditorio y evaluadores demuestran un aprendizaje con un grado de avance hacia la integración de contenidos, incluso de otras áreas curriculares de la carrera, que los posiciona mejor a la hora de proponerse desarrollar un emprendimiento de incubación o un perfil profesional de consultoría a empresas.

Palabras Claves: competencias, aprendizaje basado en proyectos, trabajo en equipo

ABSTRACT

Demand for engineers with competencies that favor practical knowledge application, teamwork, the ability to learn, undertake, pose and solve problems and make decisions, as well as skills for oral and written communication, leads to the need of using innovative learning models that enhance the capabilities of students.

In this framework, aiming to abandon the traditional teaching-learning model, Industrial Engineering career's "Economic Engineering for industrial and service companies" chair implemented, during 2019's second period, a project-based learning methodology. In this learning model students actively work on an assignment, seek information, plan, debate and formulate a project that has an application in the real world beyond the classroom.

This work describes this experience, from its design to the evaluation of the obtained results.

Although it has demanded a great effort from both students and teachers, the results of the experience, taking as indicators the opinion survey of those involved and the academic results achieved, have been positive.

The projects carried out by the student teams and presented to the audience and evaluators reveal learning with a degree of progress towards content integration, even from other curricular areas of the career, which positions them better when it comes to developing an incubation venture or a business consulting professional profile.

Keywords: competencias, project based learning, teamwork

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto del cambio que lleva adelante la Facultad de Ingeniería hacia un proceso de formación basado en las competencias que debe lograr el egresado, sumado al desarrollo tecnológico moderno que demanda ingenieros comprometidos con su entorno social y ambiental con competencias que privilegien la aplicación de conocimientos en la práctica, el trabajo en equipo e interdisciplinario, la capacidad para plantear y resolver problemas, para formular y gestionar proyectos, tomar decisiones, además de habilidades para interactuar y comunicarse de forma oral y escrita, se hace cada vez más necesario presentar nuevas alternativas y experiencias innovadoras con respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje.

La asignatura Ingeniería Económica para Empresas Industriales y de Servicios pertenece al ciclo superior de la carrera de Ingeniería Industrial. El objetivo de esta asignatura es capacitar al estudiante en los temas avanzados de la economía de la empresa de forma que disponga de las herramientas y los conceptos necesarios para poder evaluar no sólo aspectos tales como: inversión, costos, rentabilidad, punto de equilibrio, análisis de sensibilidad, riesgo y financiamiento de una empresa, sino también elaborar un proyecto de inversión. La formación adquirida en esta asignatura y la formación técnica le permitirán al futuro profesional realizar la evaluación técnico-económica de una planta en operación o de un proyecto de inversión. La metodología de enseñanza-aprendizaje era la tradicional basada en clases teóricas expositivas para que luego el estudiante resolviera una guía de ejercicios prácticos del tema. Paralelamente, los estudiantes, en grupos, elaboraban un proyecto de inversión a modo de integrar los conceptos vertidos, el cual era realizado gradualmente, acompañando el avance teórico-práctico de las clases. La evaluación se realizaba en base a exámenes parciales y al proyecto realizado.

Con el fin de generar un cambio en la metodología de enseñanza-aprendizaje se realizaron reuniones en las cuales participaron todos los integrantes de la Cátedra, conformada por 2 profesores adjuntos, un jefe de trabajos prácticos y 4 ayudantes de trabajos prácticos. En este marco, se propone como metodología para la cursada de la asignatura el Aprendizaje Basado en proyectos (ABP). Se realizó una búsqueda bibliográfica con el objeto de relevar casos en los cuales se hubiese aplicado esta metodología [1- 5] y los resultados obtenidos en esas experiencias.

La habilidad más importante que deben adquirir los estudiantes es la de aprender a aprender. Por este motivo, el aprendizaje ha pasado de ser una construcción individual de conocimiento a convertirse en un proceso social.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un modelo de aprendizaje mediante el cual los estudiantes trabajan de manera activa; planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real, más allá del aula de clase. La metodología se diseña para fomentar la creatividad, la responsabilidad individual, el trabajo colaborativo, las habilidades comunicacionales, las relaciones personales y la capacidad crítica, entre otros aspectos.

Este método de aprendizaje-activo, vuelca más responsabilidad en el estudiante, ante su propio aprendizaje, requiriéndole un esfuerzo de discusión y resolución de problemas desde el inicio de la experiencia. Asimismo, estos métodos de enseñanza se basan en la idea del constructivismo, es decir, los estudiantes construyen su propia versión de la realidad y su conocimiento a través de su propia experiencia, en vez de absorber la realidad y los conocimientos presentados por el docente. El proyecto no se enfoca sólo en aprender acerca de algo, sino en hacer una actividad que esté orientada a resolver un problema en la práctica.

La metodología propuesta tiene contenido, objetivos y metas explícitas, se centra en el estudiante y promueve su motivación, estimula el aprendizaje colaborativo, permite a los estudiantes aprender en un proceso de mejoras continuas e incrementales en sus productos, presentaciones y actuaciones, y está diseñada para que el estudiante se comprometa con la resolución de las actividades.

Los objetivos que se propone el ABP son:

- Fortalecer la habilidad para resolver problemas y desarrollar actividades complejas.
- Mejorar la capacidad para trabajar en equipo.
- Incrementar el conocimiento y habilidad en el uso de tecnologías de la información y la comunicación en un ambiente de proyectos.
- Promover mayor responsabilidad por el aprendizaje propio y de todos los participantes del espacio áulico.

En las reuniones de cátedra se debatió sobre la forma de reorganizar las actividades de cada clase y el sistema de evaluación a aplicar. De esta forma se diseñó la nueva modalidad de cursada en la cual los estudiantes tienen un rol más protagónico.

2. DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES

Se diseña un proceso de formación intensivo y especializado, pensado para que el estudiante desarrolle habilidades para llevarlas a la práctica adquiriendo conocimientos por medio de una experiencia dirigida en un ambiente en el que las relaciones interpersonales, el trabajo en equipo y la comunicación se constituirán en ejes relevantes para la formación de los estudiantes.

Dado que el trabajo en equipo es una herramienta que utilizan gran parte de las áreas curriculares

de la carrera, los estudiantes ya tienen establecidos grupos por afinidad. Con el objeto de buscar la alternancia que favorezca el cambio de roles de los estudiantes, la Cátedra conforma los grupos de manera aleatoria.

Susan Ledlow [6] considera que para que un grupo se transforme en un equipo es necesario favorecer un proceso en el cual se exploren y elaboren aspectos relacionados con los siguientes conceptos: cohesión, asignación de roles y normas, comunicación, definición de objetivos, interdependencia.

Todos los integrantes del equipo deben saber que son parte de un grupo; por lo mismo, deben cumplir cada uno su rol sin perder la noción del equipo. Para ello, tienen que reunir las siguientes características:

- Ser capaces de poder establecer relaciones satisfactorias con los integrantes del equipo.
- Ser leales consigo mismo y con los demás.
- Tener espíritu de autocrítica y de crítica constructiva.
- Tener sentido de responsabilidad para cumplir con los objetivos.
- Tener capacidad de autodeterminación, optimismo, iniciativa y tenacidad.
- Tener inquietud de perfeccionamiento, para la superación

Se conforman equipos de cinco integrantes, a los fines de llevar adelante el ABP sobre un caso de estudio aplicado a un proyecto de inversión sobre un tema propuesto en forma amplia por la Cátedra, dejando a los estudiantes la definición específica del principio de solución a un problema o la estrategia para aprovechar una oportunidad. De esta definición surge la idea del proyecto, que luego se enuncia formalmente en la iniciativa primaria del mismo.

Cada equipo tendrá dos tutores del cuerpo docente. El rol de los profesores es el de facilitador, que actúa orientando la acción de los estudiantes en el proceso de aprendizaje a medida que evoluciona el proyecto.

El desarrollo del proyecto contempla tres entregables. En el primer entregable se define el problema, se propone el proyecto de solución definiendo la actividad, la capacidad de diseño de la planta y el precio del bien, se selecciona la tecnología, se presentan los balances de masa y se calculan los insumos fijos (equipamiento, obras, instalaciones) y variables (materias primas, envases, mano de obra, servicios para la producción).

El segundo entregable está formado por la estimación de la inversión del proyecto, el cálculo de los costos de producción, la evaluación de la rentabilidad del proyecto y el punto de equilibrio.

El tercer entregable incluye la financiación del proyecto, el análisis de sensibilidad y riesgo, y el plan de negocios.

Si al finalizar el segundo entregable el proyecto no resultara rentable, en el tercer entregable debe replantearse el caso, y presentarse los cálculos del segundo entregable que se modifican, más los contenidos propios del tercer entregable.

Cada entregable tiene dos componentes: un documento escrito y una presentación oral a través de un *pitch*.

Con el ABP, a través de la elaboración en equipo de un proyecto de inversión, se propone al estudiante poner en juego una serie de competencias:

- Iniciativa, investigación y creatividad en el diseño y desarrollo del proyecto de intervención.
- Responsabilidad y compromiso que deben aplicar tanto en el trabajo individual como en el colaborativo para sacar adelante el reto que conlleva el proyecto.
- Trabajo en equipo: empatía y sinergia, tanto en las relaciones para el trabajo de su equipo como con otros equipos, dado que es más valorable el resultado cuando todos los equipos obtienen el fin propuesto.
- Autoexigencia en la búsqueda, concreción y elaboración del proyecto para dar respuesta a parámetros de calidad que supongan una mejora del contexto en el que se desarrolla la actividad.
- Alto nivel de autogestión, tanto a nivel individual como de grupo, tal y como es propio en un contexto profesional.
- Habilidades de comunicación a los fines de presentar los avances y el resultado tanto en forma escrita como en forma oral.

2.1. Actividades de cada clase.

La asignatura “Ingeniería Económica para empresas industriales y de servicios” es de cursada cuatrimestral, tiene una carga de 6 horas por semana y la cantidad de encuentros resulta, en promedio, de 14 clases por cuatrimestre.

El material que se requieren para avanzar en la cursada lo pueden consultar o descargar del sitio de la asignatura en el campus virtual de la Facultad de Ingeniería. Este material está formado por el cronograma de actividades, la modalidad de la cursada, el listado de bibliografía y material de lectura de los contenidos teóricos y herramientas que se aplicarán a medida que evolucionan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A los fines de organizar la actividad, cada clase se divide en momentos.

El primer momento, que tiene una duración propuesta de 90 minutos como máximo desde el horario de inicio, está pensado para compartir conocimientos. Durante el mismo, se presentan y discuten conceptos de la asignatura y metodologías relacionadas a las actividades que se desarrollarán. Si bien los profesores a cargo de coordinar esta actividad pueden explicar conceptos, su rol principal es guiar el trabajo de los estudiantes; por este motivo, es importante que los estudiantes hayan leído el material, hayan investigado sobre el tema, formulen preguntas, constaten lo que consideran han aprendido y planean aplicar. En consecuencia, es un proceso de sociabilización del conocimiento, de escuchar y participar, es un proceso activo y no sólo receptivo. Para promover el intercambio en este momento, los profesores que están a cargo de moderar la actividad, presentan preguntas disparadoras.

El segundo momento está pensado para que los equipos trabajen y avancen en las actividades tendientes a cumplir con los entregables del proyecto. En esta actividad el tutor estará presente para guiarlos en el proceso y observar el desempeño de los estudiantes en su rol dentro del equipo.

El tercer momento de cada clase tiene el propósito de que cada equipo presente al resto de los equipos un problema que no ha podido resolver o bien una dificultad superada o una característica particular que se les ha presentado. Se espera que el resto de los equipos en forma ordenada puedan sugerir acciones que permitan superar la dificultad que impide el avance de otro equipo; o bien, realizar aportes que potencien el trabajo de los compañeros que llevan adelante otro proyecto en el mismo u otro tema. Es importante remarcar que en un proceso colaborativo es importante el avance de todos los equipos y no tan solo el logro individual o de su equipo [7]. Este momento tiene una duración máxima 120 minutos y se ubica en el horario central, desde las 18 a las 20 horas.

El cuarto momento, previsto de 30 minutos, está orientado a programar las actividades a realizar para el encuentro siguiente en el marco de la planificación general. Este momento no es obligatorio que ocurra en el espacio del aula si los integrantes del equipo así lo deciden.

2.2. Sistema de evaluación.

El primer aspecto tenido en cuenta en la planificación del sistema de evaluación es que la evaluación del proceso es tan importante como la evaluación del producto final, en este caso el proyecto de inversión. Esto es así dado que algunos de los objetivos formativos involucrados tienen que ver con la capacidad de organización del grupo, la planificación de tareas, la creatividad para la resolución de problemas, el cumplimiento de plazos de entrega, la consecución de hitos intermedios, el desempeño de roles dentro del grupo, la habilidad para superar instancias de análisis y resolución con un grado creciente de dificultad, el avance continuo en las actividades propuestas, entre otros aspectos [8]. Por lo tanto, se hace necesario que en cada clase se desarrollen las actividades programadas para cada momento (mostrar avances, discutir enfoques, apropiarse de conocimientos, intercambiar con otros equipos y aportar al trabajo del conjunto). El sistema de evaluación incluye no sólo la participación de los docentes sino también la participación de los estudiantes a fin de desarrollar la capacidad de evaluación y autoevaluación entre los estudiantes. Como una parte importante del trabajo se desarrolla en clase, se requiere que cada estudiante cumpla con, al menos, un 80% de asistencia a los encuentros, y que en cada actividad propuesta participe al menos el 75% de los integrantes del equipo. Este es un requisito duro que define si el estudiante continúa en el proceso de ABP y si aprueba la asignatura. Si el equipo no puede cumplir con el requisito del 75%, deberá presentar un plan de contingencias y el equipo docente deberá avalar dicho plan, en el que los estudiantes proponen cómo van a compensar las propuestas áulicas programadas para ese encuentro. Otros requisitos duros son la presentación de los entregables en tiempo y forma, o bien la presentación del correspondiente plan de contingencias, errores de cálculo en el documento entregado cuando el tutor durante el proceso trabajó ese tema y problemas de convivencia en el equipo y con otros equipos, falta de respeto entre pares y con los docentes.

La evaluación es un aspecto clave para el buen funcionamiento de esta metodología de aprendizaje y en general para cualquier trabajo en equipo. Ésta debe permitir diferenciar la calificación entre los diferentes integrantes de un mismo [8-10]. Para generar las calificaciones que permitirán evaluar cada etapa, se elaboraron una serie de 7 formularios los cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Formularios del sistema de evaluación.

Formulario	Título	Aspecto evaluado	Evaluador
F1	Autoevaluación del estudiante	Autocrítica	Estudiante
F2	Evaluación de compañero de grupo	Trabajo en equipo	Estudiante (Compañeros del equipo)
F3	Evaluación del trabajo en equipo	Trabajo en equipo	Tutores
F4	Evaluación de otros proyectos	Contenido y presentación	Estudiante
F5	Labor del estudiante como evaluador	Labor como evaluador	--
F6	Calidad del documento	Calidad técnica y contenidos	Tutor
F7	Calidad del pitch	Presentación, exposición, participación en el debate	Docentes

La evaluación del proceso tiene una componente que corresponde a una autoevaluación que cada estudiante realiza en relación a su desempeño (F1), otra componente que corresponde a la evaluación que el resto de los integrantes de su equipo realiza de cada integrante (F2) y la evaluación que los tutores realizan del desempeño individual (F3).

Por otro lado, la evaluación de resultados tendrá dos componentes, la calidad del documento y la calidad del pitch. Durante la presentación de cada *pitch* el resto de los equipos deberán realizar el seguimiento y evaluación de cada proyecto (F4). Al finalizar se asignará a otro de los equipos la responsabilidad de realizar tres preguntas al equipo expositor y hacerles una devolución desde la mirada de pares de un equipo ampliado que permita enriquecer la perspectiva del equipo autor. El equipo de tutores podrá realizar preguntas a cada uno de los equipos al finalizar la presentación oral. La labor del estudiante como evaluador (F5) surge a través de la comparación entre la calificación que asigna a cada proyecto y la asignada por los docentes.

El equipo de tutores asignará una calificación al documento presentado (F6) y a la presentación oral a través del pitch, valorarán las intervenciones del resto de los equipos en el momento de las preguntas y la devolución y la calidad de las respuestas a las preguntas formuladas (F7).

La calificación se compondrá del aporte de todos los aspectos evaluados durante el proceso y del resultado logrado. Durante cada una de las tres etapas el estudiante será evaluado aplicando la ponderación de calificaciones que se presenta en la Tabla 2 y la Tabla 3. La calificación obtenida por etapa se calcula aplicando la expresión (1).

Tabla 2. Evaluación del Proceso (50%).

	Peso	Evaluador	Cantidad de calificaciones
F1	10%	Estudiante (auto evaluación)	1 nota
F2	20%	Estudiante (Compañeros de equipo)	4 notas que se promedian
F3	70%	Tutor	1 nota por estudiante (50%) 1 nota grupal (50%)

Tabla 3. Evaluación de Resultado (50%).

	Peso	Aspecto evaluado	Evaluador	Cantidad de calificaciones
F4	10%	Contenido y presentación	Estudiantes	1 nota para el grupo evaluado
F5	20%	Labor como evaluador	Tutor	1 nota por estudiante evaluador
F6	70%	Documento (60%)	Tutor	1 nota grupal
F7		Presentación pitch (40%)	Docentes	1 nota grupal

$$\text{Nota Etapa} = 50\%(10\%F1 + 20\%F2 + 70\%F3) + 50\%(10\%F4 + 20\%F5 + 42\%F6 + 28\%F7) \quad (1)$$

La nota final que alcanza cada estudiante se determina mediante la expresión (2)

$$\text{Nota final} = 20\% \text{ Nota Etapa 1} + 30\% \text{ Nota Etapa 2} + 50\% \text{ Nota Etapa 3} \quad (2)$$

Para recopilar las calificaciones se generó un libro Excel por cada equipo, en el mismo, la primera hoja está destinada a las notas grupales por etapa y las subsiguientes corresponden una por cada integrante del equipo. En éstas se recopila la evaluación de cada estudiante y se calcula cada calificación tanto del proceso como del resultado final.

El requisito para aprobar por promoción la asignatura, es que los estudiantes logren una nota final igual o superior a 7 (siete), y la condición para habilitar es que obtengan una calificación superior o igual a 5 (cinco).

3. IMPLEMENTACIÓN

En el primer encuentro se realizó la presentación de la cátedra, la explicación de cómo se desarrolla la cursada, las condiciones de aprobación de la materia y el cronograma de actividades (Tabla 4). Se conformaron los grupos y se les informaron los temas propuestos para la realización del proyecto de inversión. Cada grupo debió elegir la temática en la que trabajarían.

Entre el primer y segundo encuentro cada equipo envió por mail a sus tutores la planificación general para lograr el objetivo del proyecto. Esta planificación debía contemplar los tres entregables que cada grupo debía realizar.

Las fechas de cada entrega se encontraban detalladas en el cronograma.

Tabla 4. Cronograma de actividades.

	Fecha	Actividad
Etapa 1	Encuentro 1	Presentación: Modalidad de la cursada- Metas parciales y métodos de evaluación –Cronograma- Armado de grupos- Asignación de casos –
	Encuentro 2	Propuesta de planificación (se presenta al tutor) Momento para compartir y analizar conceptos de la Etapa 1: Proyecto de Inversión -Mercado – Ingeniería de la producción Trabajo modalidad taller
	Encuentro 3	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 4	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 5	Entrega 1 – Presentación pitch 1 - Evaluación intragrupo e intergrupo
Etapa 2	Encuentro 6	Momento para compartir y analizar conceptos de la Etapa 2: Estimación de inversión –Costos de producción – Rentabilidad –Punto de Equilibrio Trabajo modalidad taller
	Encuentro 7	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 8	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 9	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 10	Entrega 2- Presentación pitch 2 - Evaluación intragrupo e intergrupo
Etapa 3	Encuentro 11	Momento para compartir y analizar conceptos de la Etapa 3: Financiación – Análisis de Sensibilidad - Riesgo Trabajo modalidad taller
	Encuentro 12	Trabajo modalidad taller
	Encuentro 13	Entrega 3 – Presentación pitch 3 - Evaluación intragrupo e intergrupo
	Encuentro 14	Plenario – Reunión de cierre

Se indicó además que si el equipo no podía llegar a realizar la entrega, debía plantear y presentar el día de la entrega, al inicio, un plan de contingencia manifestando las dificultades, documentar los hechos que impidieron realizar la entrega y definir el plazo en el que la misma se hará efectiva. Este plan de contingencia sería evaluado por el equipo de tutores y debería aprobarse en primera instancia o bien luego de una devolución.

La eficacia en el cumplimiento de las entregas en tiempo y forma o la calidad del plan de contingencia, son variables que afectan la calificación final.

Como se mencionó anteriormente, en el primer encuentro se presentaron los temas para el desarrollo de los proyectos. Para ello, se pensó en temáticas vinculadas a procesos agroindustriales que generan residuos o descartes que pueden aprovecharse en la producción de otros bienes.

Los temas propuestos para el desarrollo del proyecto de inversión fueron:

- Valorización del suero lácteo de la producción de queso
- Agregado de valor al bagazo que resulta de la producción de cerveza artesanal
- Aprovechamiento de las cáscaras que constituyen un residuo de la producción industrial de jugos de frutas
- Aprovechamiento de las cáscaras que constituyen un residuo de la producción industrial del huevo
- Descarte de la comercialización de cebolla en fresco

En el encuentro siguiente a cada cierre de Etapa se le hizo a cada estudiante la devolución de su desempeño a través de un informe en el cual se resumen sus calificaciones individuales y grupales y la nota obtenida en la Etapa.

En la reunión de cierre los estudiantes completaron la Encuesta de opinión sobre la metodología con el fin de poder evaluar el grado de satisfacción de los estudiantes con este estilo de aprendizaje, y a partir de sus comentarios, planificar modificaciones que permitirán mejorar la aplicación de esta metodología en las próximas cursadas.

4. RESULTADOS

La cantidad de estudiantes permitió la formación de 9 grupos y la definición de los proyectos de inversión a partir de la propuesta de temas que realizó la cátedra en el primer encuentro fue la siguiente:

Grupo 1: Utilización de bagazo de la producción de cerveza artesanal para la elaboración de tostadas

Grupo 2: Aprovechamiento de suero lácteo para la producción de una bebida

Grupo 3: Utilización de cáscaras de naranja para la producción de esencia y pectina

Grupo 4: Producción de concentrado proteico a partir de lacto-suero

Grupo 5: Utilización de bagazo para la producción de snacks

Grupo 6: Aprovechamiento de cáscaras de limón para la producción de aceite esencial y pectina

Grupo 7: Obtención de carbonato de calcio a partir de cáscara de huevo

Grupo 8: Producción de cebolla caramelizada a partir de cebolla de descarte

Grupo 9: Elaboración de cebolla mínimamente procesada

El trabajo en clase se desarrolló según lo planificado y se destaca la actitud positiva de los estudiantes. Pero, es importante mencionar que no todos los estudiantes valoraron la metodología aplicada. Los principales motivos de este hecho observado están fundamentados en el mayor esfuerzo y la mayor dedicación que requiere el avance en un proyecto de aplicación real, la mayor responsabilidad por el trabajo y el aprendizaje autónomo, entre otros aspectos. Si bien ha demandado un gran esfuerzo tanto para los estudiantes como para los docentes, los resultados de la experiencia, tomando como indicadores la encuesta de opinión de los involucrados y los resultados académicos logrados, han sido positivos.

De 41 estudiantes que cursaron la asignatura, 39 respondieron la encuesta de opinión de tipo mixto, con preguntas cerradas y abiertas. Del análisis de la misma surge la Figura 1.

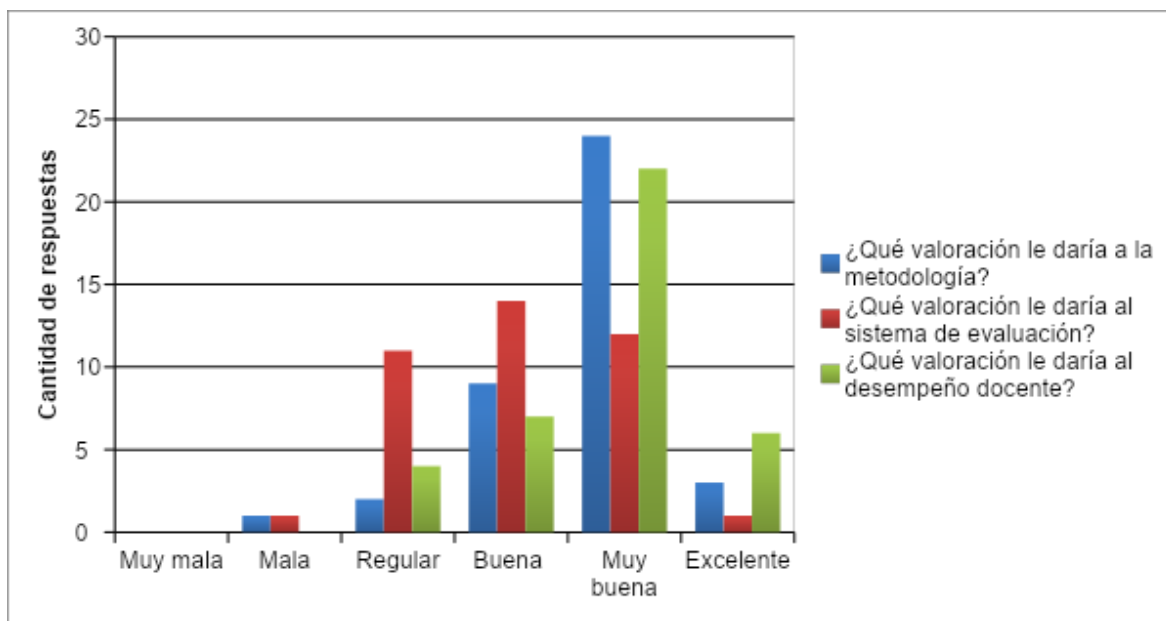


Figura 1 Resultados de la valoración de la metodología por parte de los estudiantes.

En la encuesta se consultaba al estudiante si le gustaría que otras asignaturas apliquen esta metodología, obteniéndose un 90% de respuestas positivas, demostrando esto que, si bien hay aspectos a mejorar, es elevado el grado de satisfacción y la preferencia frente a la metodología clásica.

En general, el aspecto más criticado por los estudiantes es el sistema de evaluación. Dentro del mismo, se detecta que el componente más complejo es la evaluación de cada integrante en el trabajo del equipo, debido principalmente a que las actividades que se desarrollan en el espacio del aula son sólo una parte, y tal vez la menor proporcionalmente, de todo el trabajo que realizan para el logro de los objetivos. Esto ha sido señalado como una debilidad por parte de los estudiantes en la evaluación de cierre.

También se les consultó a través de la encuesta su opinión sobre el grado de adquisición de una serie de competencias, en una escala de 0 a 5 y los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Opinión de los estudiantes sobre el grado de adquisición de competencias.

En una escala de 0 a 5, considerando 0= nada, 5=totalmente	0	1	2	3	4	5	Total
	Esta metodología en qué medida le ha ayudado a:						
-Comprender los contenidos de la asignatura	0	0	3	13	20	3	39
-Relacionar la teoría y la aplicación práctica	0	0	2	2	16	19	39
-Solucionar problemas	0	0	0	9	16	14	39
-Desarrollar competencias de comunicación oral y escrita	0	1	0	4	8	26	39
-Aprender a trabajar en equipo	0	0	2	2	5	30	39
-Aprender de forma autónoma	0	0	4	14	10	11	39
-Expresar mejor sus ideas	0	1	2	7	21	8	39
-Ser más participativo	1	1	1	4	10	22	39

Entre los comentarios efectuados por los estudiantes en el espacio de la encuesta en el cual se le consultaba por aspectos a mejorar en la metodología se presenta que demandan la incorporación de una o varias evaluaciones.

Otra oportunidad de mejora planteada por los estudiantes en la evaluación de cierre, es complementar los momentos de compartir conocimientos con la presentación de ejercicios de aplicación a modo de ejemplo, que les permitan contar con una base para aplicarlo al proyecto.

Por otra parte, si se evalúan los resultados académicos, se ha notado una importante evolución en los trabajos a lo largo de las tres etapas mostrando mejoras tanto en el documento como en la elaboración del *pitch*. En la Figura 2 puede observarse la evolución de la calificación promedio (entre el *pitch* y el documento) obtenida por cada grupo a lo largo de las tres etapas. En general, la calificación final alcanzada fue superior a la inicial.

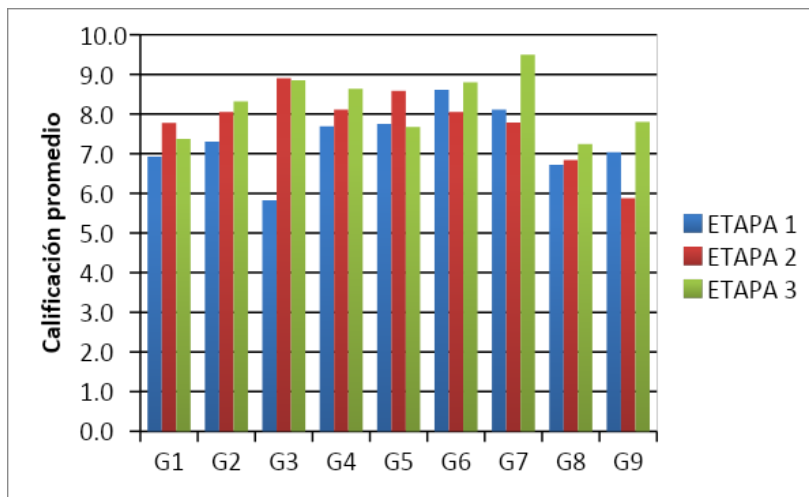


Figura 2 Evolución de las calificaciones obtenidas por grupo.

Si bien no fue considerado al diseñar la experiencia, se decidió validar los resultados a través de una evaluación no vinculante con la calificación de los estudiantes, en dos instancias. El resultado de dicha evaluación muestra que la segunda instancia dio mejores resultados que la primera. Asimismo, estos resultados llevan a replantear algunas decisiones, tanto en lo que respecta a la implementación como al sistema de evaluación. A modo de ejemplo, puede mencionarse que se adaptará la actividad del primer momento de modo que resulte una actividad que permita a los estudiantes apropiarse y afianzar los conceptos, sobre todo los que son propios de la asignatura y se encuentran con ellos por primera vez en la carrera. En lo que respecta al sistema de evaluación, se analizará un cambio en el seguimiento de cada estudiante con su aporte a las actividades del equipo y se cambiará el carácter de la evaluación que pasará a ser vinculante con la calificación, implementándose una luego de cada una de las etapas del ABP.

5. CONCLUSIONES.

El diseño planteado ha permitido que los estudiantes, acompañados por los tutores, elaboren los proyectos demostrando que han podido superar las dificultades propias de su desarrollo.

Los proyectos realizados por los equipos y presentados al auditorio y evaluadores demuestran un aprendizaje con un grado de avance hacia la integración de contenidos, incluso de otras áreas curriculares de la carrera, que los posiciona mejor a la hora de proponerse desarrollar un emprendimiento de incubación o un perfil profesional de consultoría a empresas.

Los estudiantes han demostrado capacidad para trabajar con autonomía en la resolución de problemas y han realizado aportes que han significado un crecimiento para el resto de los integrantes del equipo y de otros equipos.

Si bien el sistema de evaluación es uno de los aspectos a mejorar, el sistema aplicado ha permitido evaluar en forma objetiva los trabajos a lo largo de las 3 etapas.

Los distintos mecanismos de evaluación y el intercambio con los estudiantes en el espacio áulico, han dejado como resultado una serie de oportunidades de mejora que serán consideradas y permiten enriquecer futuras experiencias de aplicación del ABP al desarrollo y evaluación de la factibilidad de un proyecto de inversión.

6. REFERENCIAS.

- [1] García Martín, Javier; Pérez Martínez, Jorge Enrique. (2018). "Aprendizaje basado en proyectos: método para el diseño de actividades". *Revista Tecnológica, Ciencia y Educación Nro. 10*, pp. 37-63, España.
- [2] Martí, José A.; Heydrich, Mayra; Rojas, Marcia; Hernández, Annia. (2010). "Aprendizaje

- basado en proyectos: una experiencia de innovación docente”. *Revista Universidad EAFIT*, Vol. 46, núm. 158, abril-junio, pp. 11-21. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- [3] Ruiz, Consuelo Ruiz; Amuchastegui, Carlos. (2015). “Aprender colaborativamente Fundamentos de Tecnología de Computadores en base a problemas y proyectos”. *Aprendizaje basado en problemas, proyectos y casos: diseño e implementación de experiencias en la universidad*. Editores: Jenaro Guisasola y Mikel Garmendia. España.
- [4] Aznar Gregori, Fidel; Pujol López, Mar; Sempere Tolosa, Mirela; Rizo Aldeguer, Ramón. (2012). “Adquisición de competencias mediante Aprendizaje Basado en Proyectos como metodología docente: valoración del alumnado”. Dpto. de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Alicante. Disponible en: <http://web.ua.es/en/ice/jornadas-126-redes/documentos/posters/245822.pdf>
- [5] Labra, José Emilio; Fernández, Daniel; Calvo, Jesus; Cernuda, Agustín. (2006). “Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos utilizando herramientas colaborativas de desarrollo de software libre”. *XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática* (JENUI 2006), Bilbao.
- [6] Ledlow, Susan; Drawyn, Linder (2002). *Five Issues to Be Considered in Teambuilding*. Department of Psychology and Instructional Innovation Network, Arizona State University Arizona State University.
- [7] Collazos, César; Mendoza, Jair. (2006) Cómo aprovechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. *Educación y Educadores*, Vol. 9, núm.2, pp.61-76. Universidad de La Sabana Cundinamarca, Colombia.
- [8] Pérez González, Antonio; Serrano Mira, Julio; Peñarrocha Alós, Ignacio ; Pérez Soler, Emilio (2008) “Un sistema para la evaluación del aprendizaje basado en proyectos”. Researchgate.net. <https://www.researchgate.net/publication/224982193>.
- [9] Gomez Penalonga, Belén; Santos Ramos, Antonio. (2012). *Competencias para la Inserción Laboral. Guía para el Profesorado*. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. España.
- [10] González Moro, Valentín; Ruiz de Gauna Bahillo, Pilar; Hornilla Sainz, Txema. (2014). La evaluación del aprendizaje por competencias mediante el método de proyectos: un caso práctico / Evaluation of Competency-Based Learning by Means of Project Method: a Case Study. *Revista Internacional De Aprendizaje En La Educación Superior*, Vol. 1, núm. 1, pp. 33-48 . <https://doi.org/10.37467/gka-revedusup.v1.1046>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecemos a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata por impulsar el cambio de estrategia a la evaluación por competencias, que nos motivó a desarrollar esta experiencia. También al Consejo Departamental del Departamento de Ingeniería Industrial por valorar esta iniciativa y aprobar el cambio de modalidad de la cursada de la asignatura Ingeniería Económica para Empresas Industriales y de Servicios. Como partícipes fundamentales del desarrollo de esta propuesta a los estudiantes que cursaron durante el segundo cuatrimestre de 2019, por permitirnos aprender de la experiencia. Por último, a los ingenieros Alberto López, Federico Camino y Leandro Lenzi, que conformaron el equipo docente junto a los autores de este trabajo y realizaron un trabajo invaluable para el desarrollo del ABP.

La situación de cuarentena como motivación docente para experimentar el aprendizaje basado en el estudiante en Electrotecnia General

Ferreira, Fabiana

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Paseo Colón 850
fferreir@gmail.com*

RESUMEN

En marzo de 2020, ante la suspensión de las clases presenciales debida a la pandemia, nos vimos obligados a adaptar a la modalidad a distancia la metodología de aprendizaje de la asignatura Electrotecnia General, que se dicta para Ingeniería Industrial. La modalidad habitual era presencia, con un total de ocho cursos de práctica asociados a cuatro teóricas. Los profesores a cargo de las clases son docentes con muchos años de experiencia, pero con diversas aptitudes y actitudes respecto a la enseñanza a distancia. Ante la situación de emergencia se optó por validar la experiencia y conocimientos de cada responsable de curso, centrando el contacto en las clases de práctica y dejando a cargo de los docentes de cada curso la selección de la estrategia docente. Las clases teóricas se adaptaron de diferentes formas, dejando a elección del alumno qué teórica quería seguir. También se dejó librada la evaluación parcial al criterio de cada responsable de curso para que fuera coherente con la estrategia didáctica. Al transformar la modalidad fue necesario proponer nuevas estrategias de enseñanza que involucraran la actividad continua de los estudiantes. El resultado más destacado es que en la modalidad presencial sólo un curso había experimentado con el Aprendizaje Centrado en el Estudiante: a partir del cambio de modalidad los otros cursos incorporaron en forma natural el nuevo modelo, adaptando las actividades de aprendizaje a las competencias de cada equipo docente. La conclusión es que la situación de cuarentena facilitó la adaptación al modelo pedagógico de Aprendizaje Centrado en el Estudiante que proponen los nuevos estándares de acreditación para las carreras de Ingeniería de la Argentina.

Palabras Claves: Enseñanza, Aprendizaje Centrado en el Estudiante, Electrotecnia, Currículo, Autoaprendizaje

ABSTRACT

In March 2020, due to the suspension of face-to face classes due to the pandemic, we were forced to adapt the learning methodology of the General Electrotechnics subject, which is taught for Industrial Engineering, to the distance modality. The usual modality was face-to-face, with a total of eight practical courses associated with four theoretical ones. The professors in charge of the classes are teachers with many years of experience, but with diverse skills and attitudes towards distance learning. Faced with the emergency situation, it was decided to validate the experience and knowledge of each course manager, focusing on the contact in practice classes and leaving the selection of the teaching strategy in charge of the teachers of each course. The theory classes were adapted in different ways, allowing the students to choose which theory class they wanted to follow. The modality of the Partial evaluation was also left to the criteria of each course manager to be consistent with the didactic strategy. When transforming the modality it was necessary to propose new teaching strategies that would involve the continuous activity of the students. The most outstanding result is that in the face-to-face modality only one course had experimented with Student-Centered Learning: from the change of modality, the other courses naturally incorporated the new model, adapting the learning activities to the competences of each teaching team. The conclusion is that the quarantine situation facilitated the adaptation to the pedagogical model of student-centered learning proposed by the new accreditation standards for engineering careers in Argentina.

Keywords: Teaching, Student-Centered Learning, Electrothechnic, Curriculum, Self-Study

1. INTRODUCCIÓN

Ante la pandemia del COVID-19 el Ministerio de Educación de la República Argentina decretó el 15 de Marzo de 2020 [1] la suspensión del dictado de clases presenciales en todos los niveles educativos. Los docentes nos vimos así obligados a transformar nuestras clases de la modalidad presencial tradicional a la modalidad a distancia. Las instituciones universitarias de la Argentina, adoptaron diversas estrategias para resolver la situación: algunas establecieron pautas fijas para la continuidad de las clases en modalidad sincrónica mientras otras dejaron la decisión a los docentes responsables de cada asignatura o área curricular.

Este último fue el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) donde las clases aún no habían comenzado, por lo que no hubo posibilidad de un contacto presencial con los estudiantes. Los equipos docentes debimos comenzar a pensar cómo adaptar un cuatrimestre planificado en modalidad presencial a la nueva situación, que nos encontró a varios con escasos recursos informáticos y conectividad limitada. En este trabajo relatamos como fue esta adaptación para el área curricular de Electrotecnia General, en la que se desarrollan las temáticas de Electrotecnia y Máquinas Eléctricas para Ingeniería Industrial.

Teniendo en cuenta que el acelerado desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación ha cambiado las necesidades de aprendizaje [2], la coordinación del área curricular Electrotecnia venía impulsando la incorporación intensiva de TICs en los procesos de enseñanza. El objetivo era preparar a los estudiantes para poder resolver problemas nuevos en contextos de incertidumbre y en sistemas sociales cada vez más interdependientes [3], desarrollando competencias de autoaprendizaje. Esto implica también un cambio en los procesos de enseñanza, para que sean reflectivos del medio social, incorporando los nuevos dispositivos tecnológicos y culturales que marcan desde una perspectiva cognitiva a los estudiantes [4].

En la enseñanza de la Ingeniería en Argentina se han realizado diversas experiencias [5] con el enfoque de Aprendizaje Centrado en el Estudiante, implementando un nuevo currículo que utiliza la tecnología y las habilidades propias del estudiante para potenciar el aprendizaje [6]. El instructor pone a disposición de los estudiantes "oportunidades de aprendizaje" para aprender en forma autónoma, con sus pares y/o acompañado por tutores (docentes o aprendices más avanzados) [7]. Este enfoque es más abarcativo que el Aprendizaje Basado en Proyectos [8], el Aprendizaje Basado en Problemas [9] y otras estrategias de enseñanza activas. Para enfrentar estos nuevos desafíos, la Confederación de Decanos de Ingeniería de la Argentina (CONFEDI) [10] ha realizado una nueva propuesta de estándares para las carreras de Ingeniería, uno de cuyos objetivos es "consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante". El perfil de egreso propuesto habilita "al ingeniero para aprender y desarrollar nuevas tecnologías, con actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica ...".

Para promover estos cambios, en la FIUBA se implementaron diversas experiencias de Aprendizaje Basado en Proyectos [11] [12] y modalidad a distancia [13] [14]. En Electrotecnia General se habían realizado experiencias de virtualización de clases teóricas [15] y de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los resultados de estas experiencias fueron alentadores, pero surgieron dificultades para extenderlas a la totalidad de los cursos del área curricular. Gran parte de los docentes se desempeña hace más de quince años en esta asignatura, con lo que sus estrategias docentes están consolidadas, funcionando bien. Resulta difícil incentivarlos para realizar alguna innovación pedagógica. Sólo cinco docentes, de los dieciocho que integran el área curricular, se habían animado a experimentar estos cambios antes de Marzo de 2020.

La oportunidad de innovar la brindó la suspensión repentina de las clases presenciales: hubo que pasar en apenas pocas semanas de la modalidad presencial a la virtual. Luego de algunas reuniones de cátedra se optó por potenciar la amplia experiencia de los docentes, dejándoles la libertad de elegir en cada curso qué estrategia didáctica adoptar. Así, pasar de la modalidad presencial a la de distancia promovió el desarrollo de nuevas estrategias docentes basadas en la actividad del estudiante. Se detallan a continuación las pautas generales de esta adaptación y las actividades de aprendizaje implementadas. El hecho de poner pautas no tan rígidas resultó un facilitador, ya que hubo cambios a lo largo del cuatrimestre que pudieron asimilarse sin dificultades.

2. DESARROLLO

2.1. Marco general

En la FIUBA las asignaturas son cuatrimestrales de 16 semanas de duración. Esas semanas incluyen todas las instancias de evaluación de cursada. Luego hay siete semanas destinadas a exámenes integradores, en las cuales cada asignatura debe fijar cinco fechas.

En la asignatura Electrotecnia General las clases se estructuran tradicionalmente en clases presenciales teóricas (3 horas semanales) y prácticas (4 horas semanales) de asistencia obligatoria, con lo que el total de horas es de 112. Las clases teóricas desarrollan los conceptos fundamentales y algunos ejemplos a través de problemas tipo. Las clases prácticas se ocupan de la ejercitación y

de las seis prácticas de Laboratorio. Para que los estudiantes puedan trabajar con seguridad en los laboratorios se limita el cupo de cada curso de práctica a 18 alumnos por docente. Así se constituyen cursos de 36 alumnos como máximo. Cada curso de práctica está asociado a una clase teórica que tienen un cupo de 72 alumnos.

La aprobación de la asignatura se realiza en dos etapas: la aprobación de la cursada y la evaluación integradora. En la modalidad presencial tradicional la evaluación de cursada tiene instancias tanto en las clases teóricas como en las de práctica. En los cursos de práctica se solicitan los informes de trabajos prácticos de laboratorio, guías de problemas y "parcialitos" (evaluaciones por tema o por actividad de laboratorio). En las teóricas se toma un parcial (con dos recuperatorios) que incluye tanto contenidos teóricos como problemas. La nota final de cursada combina todas estas instancias de evaluación y es el Jefe de Trabajos Prácticos (JTP) de cada curso quien la asigna, teniendo en cuenta la nota del parcial calificado por el Profesor de clase teórica. Como puede observarse en esta organización, el alumno tiene un seguimiento durante todo el cuatrimestre por parte de dos o tres docentes: el equipo docente del curso de práctica y el Profesor de teoría. La evaluación integradora tiene las mismas características de un examen final escrito. Esta instancia es común para todos los cursos de práctica, homogenizando así los contenidos que no dependen del curso de origen.

Se realizan habitualmente reuniones de coordinación docente, por lo que se han consolidado equipos docentes con una buena dinámica de trabajo. Hay además un Profesor Coordinador del Área, que se ocupa de las cuestiones administrativas y del seguimiento general, y un Profesor Coordinador de las actividades de Laboratorio.

Este esquema tradicional era el que estaba en vigencia al momento de suspenderse las clases presenciales.

2.2 Análisis de la situación

Con el cuatrimestre a punto de iniciarse se informó a los docentes que el cuatrimestre iba a comenzar en modalidad a distancia. Se prorrogó un mes la fecha de inicio de clases, con lo que dispusieron de esas semanas para rediseñar un cuatrimestre que estaba planificado como presencial. Por esta demora de inicio, el primer cuatrimestre terminó a fines de Agosto y el segundo abarcará el mes de Febrero.

Los docentes del área comenzaron a realizar reuniones para decidir cómo encarar la situación. Las decisiones principales eran sobre la reorganización de la materia, las herramientas a utilizar y las estrategias de enseñanza.

Los recursos que brindaba la Facultad para la modalidad a distancia eran:

- El campus virtual FIUBA (Moodle) en funcionamiento desde hacía varios años.

Hasta Marzo de 2020 su uso era parcial en los cursos de esta área curricular: sola una teórica y algunos de los cursos de práctica lo utilizaban. La mayoría de los usos eran como repositorio y para comunicación con los estudiantes. Sólo tres cursos de práctica tenían su aula virtual completa y la utilizaban con frecuencia. Muchos de los docentes no la habían utilizado nunca y ni siquiera tenían clave de acceso.

- Las herramientas incluidas en G Suite

La Facultad lo había contratado hacía aproximadamente un año, pero la mitad de los docentes de la asignatura no utilizaban el correo institucional que les permitía este acceso. No había experiencia en el uso de Google Meet para las clases y la mayoría ni siquiera conocía Classroom. Sin embargo, todos manejaban sus Gmail y Google Drive privados o profesionales. Al menos dos de los cursos de práctica y una teórica tenían repositorios en el Google Drive personal de los docentes.

- Adobe Connect

Contratado por la FIUBA desde hacía varios años, de uso con clave compartida

Sólo uno de los profesores había experimentado con este entorno y no lo recomendó.

- Zoom

Si bien la Facultad subió un instructivo de uso, no se disponía de licencias al iniciar el cuatrimestre. A partir del segundo mes de clases estuvo disponible (sólo a pedido) compartiendo un usuario con docentes de otros Departamentos. La mayoría de los docentes de la asignatura conocía el uso de Zoom y lo manejaba habitualmente.

En el análisis de la situación inicial surgieron otras restricciones:

- La escasa disponibilidad de recursos informáticos y accesibilidad: algunos docentes quedaron en lugares sin conexión a Internet, otros tenían computadoras con problemas de funcionamiento y/o que debían compartir con su grupo familiar. Varios no disponían de cámara en su computadora. Dos docentes ni siquiera tenían computadora en el lugar en el cual estaban y debían manejarse exclusivamente con celular.

- El escaso conocimiento de las herramientas que podían usar y la falta de experiencia en clases virtuales. Los docentes con alguna experiencia previa fueron comentándolas y ayudando a los otros.

Se analizó especialmente la experiencia de semipresencialidad que se había realizado en la asignatura.

- El material didáctico ya digitalizado era escaso. Algunos docentes de cursos de práctica tenían presentaciones y apuntes sueltos. Había un canal Youtube con videos de los contenidos completos de una de las clases teóricas.
- La única forma de contactar a los estudiantes era a través del campus, una vez que estuvieran inscriptos. No se disponía de las direcciones de email ni había posibilidad de encuentro presencial.
- La acumulación de obligaciones de los docentes que les impedían dedicar mayor tiempo que el habitual a la asignatura.

2.3 La propuesta

Se consideró esencial mantener una comunicación didáctica continua con los estudiantes. De acuerdo a la relación docente-alumno se optó por que fueran las clases de práctica las que mantuvieran activa esta comunicación. Se dejó librado a cada equipo docente la selección de la herramienta que le resultara más cómoda. Incluso algunos cursos fueron cambiando a lo largo del cuatrimestre.

Se decidió también que las actividades y modalidad de enseñanza fueran propuestas por cada curso de práctica. Todos los cursos combinaron la modalidad sincrónica y la asincrónica. En la Tabla I se listan las herramientas que cada curso eligió para la modalidad sincrónica. Para los repositorios algunos eligieron el campus virtual y otros Google Drive.

Tabla 1 Herramientas utilizadas en los cursos de práctica.

Curso	Zoom	Google Meet	Class-room	Google Drive	Campus	email
1	X				X	X
2	X				X	X
3		X	X		X	X
4	X			X		X
5	X				X	X
6	X				X	X
7	X			X	X	X
8	X			X	X	X

Para las clases teóricas la situación era más compleja ya que había dos clases que no podían iniciarse por falta de conectividad del Profesor. Así que se decidió que los alumnos podían optar por cualquiera de las cuatro teóricas. En la Tabla II indicamos las características y recursos utilizados en las clases teóricas.

Tabla 2 Características y recursos de las clases teóricas.

Teórica	Clases sincrónicas	Recursos digitalizados	Repositorio
1	Zoom (solo consultas)	Apuntes (pdf) , videos	Google Drive
2-4	No	Apuntes (pdf) , audios	Google Drive
3	Zoom Google Meet	Presentaciones(ppt), videos web, cuestionarios de autoevaluación	Campus- Youtube

En cuanto a las actividades de laboratorio no se encontró la forma para desarrollarlas en modalidad virtual, ya que su principal objetivo es la adquisición de competencias técnicas. Por lo tanto, se propuso que la aprobación final de la cursada quedara en suspenso hasta que se puedan realizar estas actividades en forma presencial.

Para E. Litwin [16] las buenas prácticas de evaluación son aquellas "sin sorpresas, enmarcadas en la enseñanza, sin desprenderse del clima, ritmo y tipo de actividades usuales de la clase". De acuerdo a estas pautas y teniendo en cuenta que la comunicación didáctica se centró en los cursos de práctica, se consideró que debían ser estos los que instrumentaran las evaluaciones de cursada, incluso si tomaban un único parcial, varios o ninguno. Algunos cursos optaron por un sólo parcial, un curso por dos y otros por "parcialitos" por tema.

2.4 El Aprendizaje Centrado en el Estudiante

Al priorizar la comunicación didáctica y el rol docente, surgió naturalmente la necesidad del Aprendizaje Centrado en el Estudiante en el que "el foco está puesto en lo que el estudiante hace para aprender y el profesor es el guía o facilitador, ya que, desde su conocimiento y su experiencia

como docente de la disciplina, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento" [16]. Los docentes se enfrentaron entonces al desafío de proponer actividades que implementaran este enfoque en forma virtual con las limitaciones de conocimientos y recursos ya mencionadas.

D. Parra Pineda [17] realiza una taxonomía de estrategias centradas en el alumno a las que denomina estrategias activas (Figura 1), clasificándolas en dos grandes categorías: las que se centran en problemas o vivencias y las que hacen énfasis en el diálogo y la discusión.



Figura 1- *Taxonomía de estrategias activas*

De estas estrategias se han aplicado en esta experiencia el método de problemas, la enseñanza por descubrimiento, la tutoría y el Aprendizaje Basado en Proyectos.

Estas estrategias se instrumentaron con diversas actividades de enseñanza: tareas de evaluación y autoevaluación, foros, simulaciones, diseño de instalaciones y encuestas y animaciones on line.

2.4.1 El método de problemas

Este método "consiste en proponer situaciones problemáticas a los participantes, quienes para solucionarlas deberán realizar investigaciones, revisiones o estudio de temas no debidamente asimilados, ejercitando el análisis y la síntesis". Fue aplicado en todos los cursos, constituyéndose en el principal método de enseñanza/aprendizaje.

En la modalidad presencial se realizaban problemas ya establecidos en guías consolidadas: se explicaban los problemas en una clase y se pedía que los alumnos los entreguen resueltos a la semana siguiente, con la única posibilidad de consultar los problemas en clase. Al pasar a la modalidad virtual cada equipo docente reformuló los problemas planteándolos como desafíos de aprendizaje. Los alumnos debían intentar resolverlos por sí mismos para luego participar en foros o espacios de consulta virtuales que estuvieron abiertos en forma permanente. Se diseñaron incluso actividades de autoevaluación en el campus, en las que los alumnos debían proponer la respuesta. En caso que la respuesta fuera errónea podían reintentar hasta lograr la respuesta correcta y descubrir sus errores. También se solicitaron resoluciones escaneadas que los docentes remitían con sugerencias varias veces hasta que se conseguía que el alumno arribase por sí mismo a la solución correcta.

2.4.2 La enseñanza por indagación

Este método consiste en que los estudiantes formulen preguntas centradas en el contenido del aprendizaje. Para lograr este objetivo se proponen actividades que estimulen la indagación.

En la situación normal se trabajaba con preguntas de respuesta única o cerrada, tanto en clases de teoría como de práctica, que se contestaban en la misma clase. También se trabajaba con preguntas de reflexión, incluidas en los informes de laboratorio, que los alumnos entregaban en forma escrita. Al virtualizar la enseñanza estas preguntas se convirtieron en disparadores iniciales para nuevas preguntas e indagaciones, que se fueron trabajando en forma progresiva. Las preguntas, respuestas y repreguntas se fueron trabajando en forma continua por foros, chats y emails durante todo el

cuatrimestre. Incluso hasta el final siguieron planteándose preguntas sobre los temas de las primeras unidades.

Otra de las actividades que se utilizó fue la simulación de los resultados de las prácticas de laboratorio. Esta se implementó en diversas plataformas: desde Excel hasta simuladores comerciales. Se obtuvieron gráficos de resultados y conclusiones mucha más amplias que las que se conseguirían sólo con los datos medidos en el laboratorio. En algunos cursos se propuso a los estudiantes que probaran diferentes conjuntos de valores (en la práctica real sólo obtienen un conjunto) y compararan. Luego, se sacaban conclusiones a partir de las comparaciones. Estas simulaciones también se utilizaron para ampliar el alcance de los problemas, llegando a plantear datos personalizados para cada alumno.

También se utilizaron animaciones y videos. Los alumnos solían realizar las prácticas con equipamiento en el laboratorio: a través de los videos se mostró una de las prácticas (el resto no llegó a filmarse) dejando que los alumnos indaguen sobre el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas eléctricas que se presentaban.

Otro recurso interesante fueron las encuestas a través del campus virtual en las que los estudiantes "votaban" sobre cual les parecía la respuesta que más se adecuaba a lo preguntado. También se implementaron preguntas en las que había que seleccionar la más adecuada entre varias imágenes. Las clases teóricas utilizaron preponderantemente la modalidad asincrónica con materiales didácticos que se fueron generando a lo largo del cuatrimestre: videos, apuntes y audios. Esta no es la actividad habitual de las clases que suelen ser clases explicativas. Se acompañaron estos materiales con horarios de consultas sincrónicas por Zoom y Google Meet. Así las clases teóricas se convirtieron también en espacios de aprendizaje activo.

2.4.3 Tutorías

La tutoría es una acción complementaria a la docencia, cuya función es "orientar a los alumnos a partir del conocimiento de sus problemas y necesidades académicas, así como de sus inquietudes y aspiraciones profesionales".

En la situación normal este método no es necesario, ya que se trata de alumnos de tercer año que han tenido a su disposición tutores en el primer año de la carrera. Las situaciones especiales que podían surgir se manejaban desde la coordinación del Área curricular.

La suspensión abrupta de las clases presenciales provocó desorientación e inquietud en los estudiantes, por lo que fue necesario destinar parte de la dedicación horaria de los docentes a esta función. Se implementaron foros de consultas específicos y los docentes estuvieron disponibles por email y chat en forma continua para resolver las situaciones que se fueron presentando. Con aproximadamente un 10 % de los estudiantes fue necesario mantener una comunicación permanente para estas cuestiones.

2.4.4 El método de Proyectos

Este método busca enfrentar a los estudiantes a "situaciones que los lleven a rescatar, comprender y aplicar aquello que aprenden como una herramienta para resolver problemas o proponer mejoras" a situaciones reales y concretas.

En uno de los cursos de la asignatura se viene implementado desde hace varios años un Proyecto Integrador que consiste en el diseño preliminar de una instalación eléctrica industrial. Esta actividad, de acuerdo a las entrevistas realizadas a los estudiantes, es altamente motivadora ya que les permite llevar a la práctica concreta lo que han aprendido. Para acompañar esta metodología, ese curso implementaba evaluación continua. La aprobación de la materia se realizaba con un coloquio que no era más que una conversación con los alumnos respecto a lo que habían aprendido, a sus intereses y expectativas.

Este curso requería de interacción permanente entre estudiantes y docentes, que además de los horarios de clase disponían de horarios de consultas, por lo que los docentes eran de dedicación exclusiva, con amplia disponibilidad horaria. Este fue uno de los motivos por los que esta metodología no pudo extenderse a los otros cursos.

Este curso estaba planificado al momento de iniciarse el aislamiento social y tuvo que ser adaptado. La principal adaptación fue cambiar el carácter del Proyecto: pasó de ser un Proyecto Integrador a un método de aprendizaje a lo largo de todo el cuatrimestre. Se fueron planteando así en forma progresiva consignas relacionadas con los conceptos que se iban aprendiendo.

También hubo que adaptar los mecanismos de seguimiento, que normalmente se realizaban en reuniones con los grupos de trabajo, una vez que finalizaban las clases. En la modalidad virtual se organizaron reuniones periódicas con los grupos e informes parciales a lo largo del cuatrimestre. Una vez que los alumnos remitían su informe parcial, se revisaba, se hacían sugerencias y se hacía una reunión virtual con cada grupo para analizar los avances y revisar los contenidos.

2.5 . Resultados

Los resultados se evaluaron a partir de las métricas de aprobación, la observación de clases/reuniones de coordinación docente, y el relevamiento de opiniones de los actores. El primer cuatrimestre terminó a fines de Agosto por lo que, a la fecha de elaboración de este trabajo, tres cursos todavía estaban finalizando sus evaluaciones de cursada. Así que los resultados que se presentan aquí son parciales.

Las estadísticas de aprobación de los cursos de práctica indican un abandono promedio del 24%, algo mayor que el de los cuatrimestres presenciales en los que el valor máximo fue un 18%. Se relevó también que los estudiantes que continuaron han cerrado la cursada virtual con un promedio de notas de 6,87, promedio mucho mayor que el habitual. Sólo el 4,2% de los que decidieron continuar resultaron desaprobados.

De acuerdo a la opinión de los docentes esto puede deberse a que el modelo de enseñanza implementado requiere mayor compromiso y continuidad por parte de los alumnos. Consultados los estudiantes a través de entrevistas individuales sobre el motivo por el cual han abandonado mencionan "la falta de tiempo para realizar todas las actividades que piden los docentes", "el exceso de tareas por las clases a distancia" y diversas dificultades para organizar sus horarios y actividades ante el cambio de modalidad. Algunos han incluso manifestado que "no se sienten cómodos" con esta modalidad y que prefieren "recursar" cuando vuelva la presencialidad. Los alumnos que han finalizado manifiestan "que han aprendido mejor" y que "prefieren seguir con esta modalidad".

En las estadísticas se observan importantes diferencias entre los cursos en los porcentajes de aprobación de cursada. Es habitual que estos porcentajes difieran pero en este caso esa diferencia fue mucho mayor. Analizando las actividades que solicitaba cada curso los de mayor porcentaje de abandono son aquellos en los que hubo más actividades de Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Se destaca que el curso que implementó mejor las tutorías y la consulta continua, fue el que tuvo el más alto porcentaje de continuidad (mayor al 90 %). En este curso hubo un seguimiento diario de los alumnos y se contestaban en forma inmediata todas las consultas.

Otra cuestión es la demora en cerrar las notas de varios de los cursos. Los docentes manifiestan que han debido prorrogar los plazos por pedido de los estudiantes que "ante la diversidad de tareas, no podían resolverlas en el plazo solicitado". Esto ha prorrogado la finalización real del cuatrimestre, particularmente en el curso que utiliza Aprendizaje Basado en Proyectos.

Los docentes destacan la dificultad que presentó la comprensión de algunos temas al no poder realizar las prácticas de laboratorio. Por esto se sostiene como instancia imprescindible para cerrar la cursada la realización en forma presencial de al menos algunas prácticas.

Los docentes también mencionan la excesiva carga de trabajo: debieron al menos duplicar la dedicación horaria semanal para poder atender a los estudiantes. A esto se suma la importante cantidad de horas que dedicaron en esta emergencia a preparar los materiales. Este cuatrimestre fue percibido como "agotador" y consideran que el segundo cuatrimestre podrán trabajar más tranquilos porque ya han producido los materiales y ensayado las estrategias de enseñanza. Sin embargo, ya han avisado varios que pondrán limitaciones a los horarios de trabajo asincrónico, centrándose en las instancias sincrónicas. Otra cuestión que destacan es la cantidad de alumnos por docente que les pareció que no era adecuada para hacer un seguimiento personalizado. Proponen como ideal una relación docente- alumno 1/10.

A pesar del cansancio y el esfuerzo realizado, los docentes están muy satisfechos con lo que han logrado, se han sentido motivados y con posibilidades de desarrollar sus capacidades. Sienten que han realizado un aprendizaje acelerado sobre Tics y didáctica universitaria, y que les gustaría disponer de algún tiempo para realizar cursos de formación en didáctica no presencial.

Otro aspecto interesante fue la posibilidad de concretar reuniones de docentes por Zoom. En la normalidad anterior era muy difícil poder reunirlos, ya que los cursos abarcan toda la banda nocturna, tres días a la tarde y dos días a la mañana/ mediodía. No había forma de coordinar horarios en los que pudieron estar todos. En las reuniones virtuales, si bien no se logró el 100 % de asistencia, hubo participación de todos los cursos. En estas reuniones se compartieron con entusiasmo las experiencias, materiales y propuestas de actividades.

3. CONCLUSIONES

La suspensión de las clases presenciales motivó a los docentes a realizar innovaciones que no hubieran realizado en la situación normal. La decisión de la cátedra de permitirles decidir ellos mismos qué estrategia implementar, los motivó a producir cambios concretos y animarse a experimentar.

Si bien se comenzó a implementar el Aprendizaje Centrado en el Estudiante, consideramos que sólo pudo concretarse por un excesivo esfuerzo personal de los docentes que debieron dedicar mayor cantidad de tiempo que el de los cuatrimestres normales. Para poder implementar este enfoque de enseñanza en forma permanente se requiere contratar docentes con mayor dedicación. Se requiere además disponer de equipamiento y de horas docentes destinadas a diseñar las actividades de práctica incluyendo los materiales didácticos para autoaprendizaje.

Nos preocupa la cantidad de estudiantes que no pudieron sostener esta modalidad, a pesar de los esfuerzos realizados a través de la tutoría. Otra dificultad es la cantidad de horas semanales que requiere una cursada intensiva, imprescindible para esta estrategia de enseñanza. Una forma de resolverlo sería que los Planes de Estudio reduzcan la cantidad de asignaturas que se cursan en forma simultánea. No se puede lograr un real aprendizaje profundo si no se consigue primero un cambio en el enfoque de los estudiantes. Esta es una cuestión importante que debería resolverse a nivel institucional.

Este método facilitó el aprendizaje progresivo y el aprendizaje con los pares. Los estudiantes adquirieron competencias para el aprendizaje autónomo. Y los docentes lograron por fin convertirse en "acompañantes en el camino del aprendizaje ", asistiendo y guiando a los estudiantes para alcanzar sus metas.

4. REFERENCIAS.

- [1] Ministerio de Educación de la República Argentina (2020). *Resolución 108/2020 - RESOL-2020-108-APM- ME*. Boletín Oficial de la República Argentina, 16 de marzo de 2020
- [2] Siemens, G. (2005). "Connectivism: A learning theory for the digital age". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. Vol. 2(1), pp. 3-10.
- [3] Tenti Fanfani E. (2009). *Sociología de la educación*. 1era edición. Editorial Universidad Nacional de Quilmes. Bernal.
- [4] Maggio, M. (2016). *Enriquecer la enseñanza: los ambientes con alta disposición tecnológica como una oportunidad*. 1era edición. Paidós. Buenos Aires.
- [5] Sposito O. et al. (2017) *Enseñanza de la Ingeniería. Hacia un modelo Pedagógico Transformador*. 1era Edición. Editorial UNLaM. San Justo.
- [6] Overby K. (2011) "Student-centered learning." *Essai*. Vol 9, pp. 109-112.
- [7] Collins J. W; O'Brien N. P.(2011) . *The Greenwood dictionary of education*. 2da edición. ABC-CLIO.
- [8] Thomas, J. W. (2010). *A review of research on project-based learning. 2000*. The Autodesk Foundation. San Rafael
- [9] Hung W.; Jonassen D. H.; Liu R. (2008). "Problem-based learning". *Handbook of research on educational communications and technology*, Vol. 3, pp. 485-506.
- [10] CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la Republica Argentina* . Confederación de Decanos de Ingeniería de la Argentina.
- [11] Ferreira F.; Graña J. (2013). "La introducción temprana a la profesión de la Ingeniería mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos". *I Congreso en Docencia Universitaria*. Buenos Aires.
- [12] Ferreira F.; Musso G. (2018). "Diseño de una estrategia didáctica centrada en el estudiante para la enseñanza de Automatización Industrial. Primeras Experiencias en la FIUBA ". *XXVI Congreso Argentino de Control Automático*. Buenos Aires
- [13] Musso G.; Ferreira F. et al. (2017). " Experimentando la semipresencialidad en un curso de laboratorio de Ingeniería Electrónica". *1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería*. Paraná.
- [14] Ferreira F.; Musso. G. (2013). "Desarrollo de la unidad didáctica de Neumática Industrial en modalidad virtual". *I Encuentro Virtual sobre TIC y Enseñanza en el Nivel Superior UBATIC+*. Buenos Aires.
- [15] Ferreira F. ; Donzelli L. (2018). "Los videos de clases como herramienta para promover el Aprendizaje Basado en el Estudiante en Electrotecnia General". [XIV Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior](#). Buenos Aires.
- [16] Litwin E. (2016). *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. 1a edición. Paidós. Buenos Aires
- [17] Cukierman U. (2018). *El Aprendizaje Centrado en el Estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en Ingeniería*. Academia.edu
- [18] Parra Pineda D. M. (2008). *Manual de Estrategias de Enseñanza Aprendizaje*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Antioquia

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Proyecto PID UTN TEUTIBA0006617TC

Comprensión de gráficos estadísticos. Su importancia en la formación de futuros ingenieros industriales.

Martínez, Facundo*; Pascaner, Melina; Ferreri, Noemí María

*Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
Universidad Nacional de Rosario
Pellegrini 250, Rosario.
nferreri@fceia.unr.edu.ar.*

RESUMEN

En la resolución de los problemas de naturaleza estadística que se presentan frecuentemente en diferentes procesos, las herramientas gráficas resultan indispensables para obtener información de calidad, que utilizada en el momento oportuno, facilita y sirve de apoyo en la toma de decisiones. Los gráficos son fundamentales en la etapa de análisis de los datos obtenidos, para poner de manifiesto la información que estos contienen y en la etapa de elaboración de conclusiones, para hacer más sencilla la comunicación de los resultados. Por estas razones, los estudiantes de Ingeniería Industrial deben aprender a construir e interpretar gráficos estadísticos durante su formación de grado, así como también a interpretar gráficos elaborados por otros.

En los cursos tradicionales de Probabilidad y Estadística destinados a futuros ingenieros industriales, se utilizan diferentes gráficos estadísticos; pero muchos de ellos no constituyen un contenido específico a enseñar porque no se dispone de tiempo para ello y principalmente porque se supone que los estudiantes ya los han visto en la Educación Secundaria, lo cual no siempre es así.

En este trabajo se define la comprensión gráfica y se destaca la importancia de desarrollarla en la formación de los futuros ingenieros industriales. Por último, se propone el diseño de una secuencia de actividades virtuales en la plataforma Moodle orientadas a tal fin.

Palabras Clave: gráficos estadísticos, comprensión gráfica, Ingeniería Industrial, secuencia de actividades virtuales, plataforma Moodle

ABSTRACT

In solving problems of a statistical nature that frequently arise in different processes, graphic tools are essential to obtain quality information, which, used at the right time, facilitates and supports decision-making. Graphs are essential in the analysis stage of the data obtained, to display the information they contain and in the stage of drawing up conclusions, to make it easier to communicate the results. For these reasons, Industrial Engineering students must learn to construct and interpret statistical graphs during their undergraduate training, as well as to interpret graphs produced by others.

In the traditional courses of Probability and Statistics made for future industrial engineers, different statistical graphics are used; but many of them do not constitute a specific content to teach because there is no time for it and mainly because it is assumed that students have already seen them in Secondary Education, which is not always the case.

In this paper graphic understanding is defined and the importance of developing it in the training of future industrial engineers is highlighted.

Finally, the design of a sequence of virtual activities in the Moodle platform oriented to this end is proposed.

Keywords: statistical graphics, graphic understanding, industrial engineering, sequence of virtual activities, Moodle platform

1. INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas de naturaleza estadística es una de las competencias que se deben desarrollar en la formación de los futuros ingenieros. Esta constituye un proceso cuyas etapas pueden resumirse por ejemplo en el ciclo investigativo PPDAC (Planteo del problema, Planificación del estudio estadístico, Recolección de los datos, Análisis de los datos, Obtención de conclusiones), propuesto por Wild y Pfannkuch [1] en 1999. Los gráficos estadísticos cumplen un papel fundamental en este proceso, ya que permiten el análisis de los datos (Etapa de Análisis de los Datos) y la comunicación de los resultados obtenidos (Etapa de Obtención de Conclusiones), siendo de utilidad también en otras etapas. A su vez, tareas realizadas a lo largo de todo el proceso como el planteo mismo del problema, la elección de poblaciones y variables, la forma de medirlas, entre otras, dan un contexto al gráfico y permiten analizarlo críticamente y hacer predicciones a partir de la información contenida en el mismo.

En un curso de Estadística para futuros ingenieros con eje en la resolución de problemas es importante que los estudiantes aprendan a elegir los gráficos estadísticos apropiados y a construirlos aplicando herramientas informáticas; pero fundamentalmente que puedan comprender la información contenida en gráficos construidos por ellos mismos o por otros.

En los cursos tradicionales de Probabilidad y Estadística destinados a futuros ingenieros industriales, se utilizan diferentes gráficos estadísticos para una o más variables cualitativas o cuantitativas. Algunos de ellos, como el histograma o el diagrama de dispersión, se presentan y desarrollan en los cursos; pero otros, como los diagramas de barras o sectores, se suponen aprendidos en el nivel secundario, lo cual no siempre es así. Por otra parte, la cantidad de contenidos a desarrollar en los cursos no permite dedicar el tiempo suficiente para fortalecer en los estudiantes habilidades en relación con los gráficos.

En este trabajo se define la comprensión gráfica y se destaca la importancia de desarrollarla en la formación de los futuros ingenieros industriales. Dadas las situaciones descritas en el párrafo anterior, se propone una secuencia de actividades en la plataforma Moodle junto con otras actividades presenciales y virtuales. El texto se organiza en 5 secciones de las cuales la presente introducción es la primera. En la segunda sección se define la comprensión gráfica y se destaca su papel en todo el proceso de resolución de problemas, lo cual la hace importante en la formación de los futuros ingenieros industriales. En la tercera sección se presenta la secuencia de actividades propuesta para el desarrollo de esta comprensión en la plataforma Moodle y se mencionan otras actividades tanto virtuales como presenciales diseñadas con el mismo fin. En la cuarta sección se describe, a modo de ejemplo, una actividad propuesta en una de las etapas de la secuencia y en la quinta, se esbozan algunas consideraciones finales.

2. LA COMPRESIÓN DE GRÁFICOS ESTADÍSTICOS. SU IMPORTANCIA EN LA FORMACIÓN DE LOS FUTUROS INGENIEROS INDUSTRIALES.

Los gráficos estadísticos son herramientas que permiten organizar, describir y analizar los datos. En relación a ellos pueden definirse tres habilidades o competencias básicas: la elección del gráfico más apropiado para cada situación, la construcción del mismo y la comprensión de la información contenida en un gráfico. Las dos primeras se refieren a gráficos que una persona debe elegir y construir; mientras que la última, la comprensión gráfica, es el conjunto de habilidades de lectura que las personas ponen en juego para obtener significados de los gráficos creados por ellos mismos o por otros.

Curcio [2] proporciona tres niveles de comprensión gráfica:

- Leer los datos: es la lectura más superficial/literal que una persona debe realizar de un gráfico, sin interpretar la información contenida en el mismo
- Leer entre los datos: es la lectura a partir de la cual las personas pueden realizar interpretaciones y conexiones con la información.
- Leer más allá de los datos: es la lectura que permite realizar predicciones e inferencias.

A su vez, Friel, Curcio y Bright [3] amplían la clasificación definiendo un nuevo nivel:

- Leer detrás de los datos: es la lectura que permite analizar críticamente si el modo en que se obtuvieron los datos es válido y fiable. También permite ser crítico con las conclusiones y su posible extensión.

Este último nivel puede considerarse incluido en el tercer nivel definido al inicio ya que no se pueden hacer predicciones o inferencias si no se conoce el proceso de resolución del problema, del cual el gráfico analizado es parte. Por este motivo, en este trabajo se consideran tres niveles de comprensión, asociados claramente al ciclo investigativo PPDAC [1].

En la Figura 1 se presentan las etapas del ciclo PPDAC y se menciona la utilidad de los gráficos en algunas de ellas.

La primera etapa (P) se refiere al planteo del problema. Es posible que se cuente con gráficos construidos con información histórica o con datos recolectados rutinariamente en el proceso, que brinden información de interés que ayude a definir mejor el problema a resolver, así como los objetivos del estudio, las poblaciones, variables y medidas de interés, todas tareas de esta etapa.

La tercera etapa (D) se refiere a la recolección de los datos y algunos gráficos resultan de utilidad para evaluar la calidad de los mismos. Entre ellos se pueden mencionar a los diagramas de puntos o de caja y bigotes que permiten detectar valores atípicos. Si se pudo garantizar la trazabilidad de los datos, es posible chequear si esos valores corresponden a errores de medición o de carga y en ese caso, corregirlos.

La cuarta etapa (A) es la de análisis de los datos y en ella los gráficos constituyen una herramienta fundamental para poner de manifiesto información contenida en los datos que de otra manera no sería visible. En el análisis descriptivo se pueden aplicar diferentes gráficos según el número y tipo de variables de interés (histograma, gráfico de bastones, diagrama de Pareto, etc); mientras que otros gráficos como el diagrama de probabilidad normal se aplican para verificar los supuestos de las herramientas inferenciales. Algunas herramientas inferenciales no se asocian generalmente a gráficos específicos pero los resultados de aplicarlas pueden representarse gráficamente (representación gráfica de intervalos de confianza o de tolerancia); otras, obtienen las conclusiones sobre la población de interés directamente a partir de gráficos (gráficos de control de procesos, por ejemplo).

La quinta etapa (C) es la de elaboración de las conclusiones. En ella también los gráficos cumplen un papel importante para la comunicación efectiva de los resultados obtenidos en el estudio y sirven de guía para el planteo de futuras situaciones problemáticas.

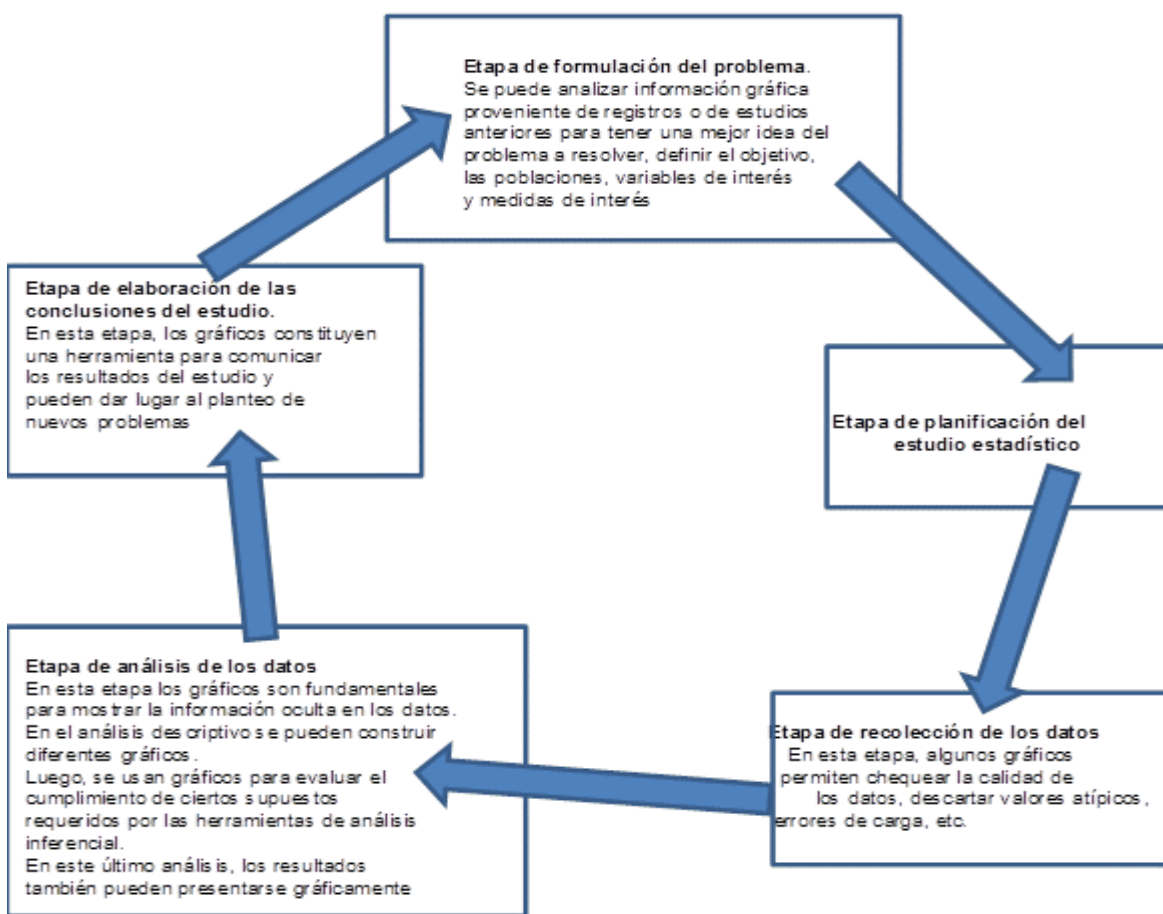


Figura 1 Etapas del ciclo investigativo PPDAC y el papel de los gráficos estadísticos en cada una

En resumen, transitar adecuadamente las diferentes etapas del ciclo de resolución de problemas presupone diferentes competencias en relación a los gráficos estadísticos. La elección de los gráficos más apropiados y su construcción son competencias que se ponen en juego en las etapas de recolección y análisis de los datos y también en la de elaboración de las conclusiones; la comprensión de la información contenida en diferentes gráficos es una competencia fundamental en todas las etapas del ciclo. A su vez, el proceso de resolución es el que da sentido y permite comprender de una manera más profunda la información contenida en los gráficos y hacer predicciones a partir de ella.

La primera de las competencias mencionadas, elección de los gráficos más apropiados, implica reconocer los momentos en que un gráfico es más representativo que otro, utilizando como uno de los criterios los datos, es decir, el tipo y cantidad de variables en estudio y la información que se quiere mostrar. Otro criterio es el contexto del gráfico ya que conocer previamente la situación

problemática aporta sentido a la información de los gráficos y así evita la manipulación de los mismos (Friel, Curcio y Bright [3]; Arteaga, Batanero, Diaz y Contreras [4]).

La segunda de las competencias, construcción de los gráficos, supone el conocimiento de las características de cada tipo de gráfico y naturalmente, el manejo de herramientas informáticas.

La tercera de las competencias, la comprensión gráfica, implica traducir la información obtenida de los gráficos para entender el conjunto de datos (transnumeración) (Wild y Pfannkuch, [1]) y orientar la elaboración de conclusiones. Como se mencionó anteriormente, supone tres niveles diferentes.

Desarrollar habilidades en relación a los gráficos estadísticos y particularmente la comprensión, es muy importante en la formación de los futuros ingenieros industriales por dos razones. En primer lugar, porque en su ejercicio profesional tendrán ocasión de leer y analizar una gran cantidad de informes en los cuales se encontrarán con gráficos que comprender y en segundo lugar porque frecuentemente se encontrarán con problemas a resolver y en esa tarea recolectarán y analizarán datos y construirán gráficos de los cuales obtener conclusiones.

Surge entonces el interrogante respecto de cómo llevar adelante el desarrollo de las habilidades mencionadas en los cursos de Estadística dedicados a los futuros ingenieros industriales. En la próxima sección se presenta una propuesta para el desarrollo de la comprensión gráfica.

3. UNA PROPUESTA PARA DESARROLLAR LA COMPRENSIÓN GRÁFICA EN LOS FUTUROS INGENIEROS INDUSTRIALES.

Las tecnologías digitales han generado profundas transformaciones en las formas de acceder, procesar, crear y distribuir conocimiento y entonces es fundamental enriquecer, mejorar y flexibilizar nuevas formas de aprender (Cobos [5]). Para ello es importante comenzar a repensar la tecnología como herramienta para generar nuevos espacios de encuentro y de aprendizaje para un mayor enriquecimiento y beneficio de los estudiantes, poniendo a los mismos como centro del proceso enseñanza-aprendizaje. Una de las herramientas más utilizadas en el ámbito educativo es la plataforma Moodle, cuyas siglas significan en castellano “Entorno de Aprendizaje Dinámico Modular Orientado a Objetos”. Es un sistema de código abierto que busca ayudar e impulsar a sus usuarios a desarrollar un entorno virtual que promueva el aprendizaje constructivista, centrado en el estudiante como así también la reflexión (Antonenko, Toy y Niederhauser [6]). Su estructura y las herramientas que ofrece son apropiadas para el dictado de clases en línea o para complementar el aprendizaje presencial. Moodle cuenta con una variedad de opciones para el diseño de actividades, a la vez que brinda la posibilidad de alojar contenidos en diferentes formatos y ofrece herramientas para la interacción entre docentes y estudiantes. Los docentes pueden darle al curso la arquitectura que más les convenga en función de la organización y planificación de los contenidos y actividades. Teniendo en cuenta lo anterior, la propuesta para desarrollar la comprensión gráfica en estudiantes de Ingeniería Industrial que se presenta en este trabajo consiste en una secuencia de actividades virtuales creadas utilizando el módulo Lecciones de la plataforma Moodle (Conde Vides y otros, [7]). La misma incluye varias etapas y cada una comienza con el planteo de situaciones problemáticas sencillas, dado que como se manifestó en las secciones anteriores, la comprensión gráfica no puede darse aislada del proceso de resolución de problemas. Se presenta luego un gráfico estadístico construido a partir de información recolectada en relación a la situación.

Las situaciones problemáticas de todas las etapas están vinculadas entre sí y se refieren a fallas en un proceso de producción de piezas metálicas.

En las primeras etapas se consideran gráficos para representar información de un conjunto de datos correspondientes a una única variable cualitativa o cuantitativa y luego se presentan gráficos con información de dos variables (ambas cualitativas, ambas cuantitativas o una variable cuantitativa y otra cualitativa). En cada caso, la lección incluye enlaces con información sobre los gráficos presentados y sobre gráficos alternativos. Esta información se refiere a la forma en que se construyen e interpretan dichos gráficos y a los casos en que resulta conveniente aplicarlos, entre otros. Por último, se presenta un conjunto de preguntas relativas al gráfico presentado que dan cuenta del nivel de comprensión.

En síntesis, para cada etapa el estudiante encuentra los siguientes elementos:

- La descripción de una situación problemática.
- Un gráfico construido con información relativa a dicha situación.
- Enlaces con información sobre el gráfico presentado y sobre gráficos alternativos.
- Preguntas asociadas a los diferentes niveles de comprensión.

El módulo Lección de Moodle [6] permite al estudiante de forma dinámica, flexible y autodirigida que el mismo realice una secuencia de actividades pensadas en forma concatenada, para poder guiar su aprendizaje sobre el contenido propuesto de comprensión de gráficos estadísticos. Una vez que el estudiante analiza la situación problemática presentada en cada etapa y el gráfico correspondiente, identificando las variables de interés, poblaciones y objetivos asociados a la situación planteada, puede optar por recorridos alternativos dentro de la lección. Puede dar respuesta a las preguntas para evaluar sus conocimientos sobre el tema o bien acceder a información relativa a cada gráfico en primer lugar y luego responder las preguntas. Es decir, el

estudiante puede trabajar de manera autónoma. En la Figura 2 se presentan diferentes recorridos que los estudiantes pueden seguir a partir de los elementos brindados por los docentes.

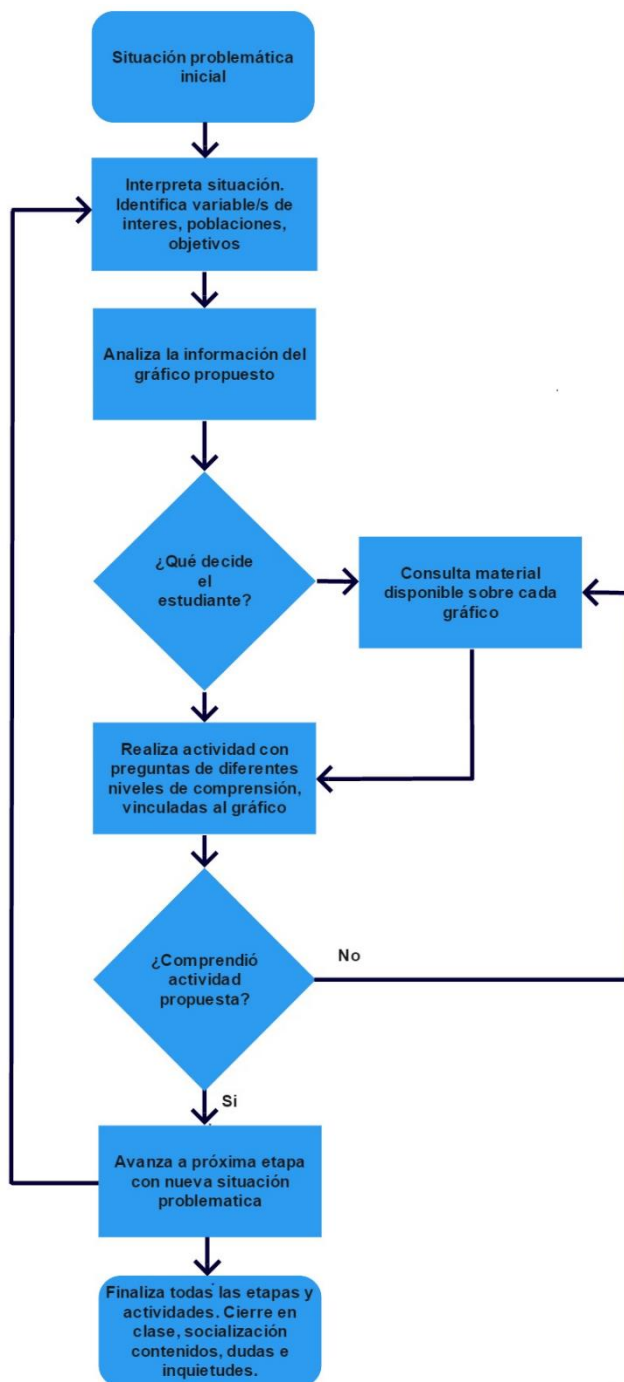


Figura 2 *Secuencia de actividades desde la perspectiva del estudiante*

Finalizado el recorrido del estudiante en la actividad de cada etapa, debe continuar hacia la próxima, en la cual analizará una situación nueva relacionada con la problemática inicial. Cabe mencionar, que al suceder en la virtualidad, esta secuencia posibilita una educación personalizada, en donde cada estudiante define sus propios horarios para poder realizar la actividad, permitiendo mayor flexibilidad en el acceso al proceso de formación.

Los docentes, por su parte, definen otras cuestiones además de las actividades propiamente dichas. Entre ellas, las fechas en las cuales dichas actividades deberán estar resueltas y la posibilidad de brindar una retroalimentación inmediata mostrando las resoluciones de cada una de las propuestas sugeridas en forma automática al finalizar toda la lección, con posibilidad de realizarse al finalizar de cada una de las etapas. Además, pueden considerar diferentes posibilidades en cada etapa:

- si el estudiante responde bien a una pregunta, ofrecerle otra asociada a un nivel superior de comprensión hasta que finalice la actividad.
- si el estudiante no responde bien a una pregunta, ofrecerle otra asociada al mismo nivel de comprensión, hasta que el estudiante responda correctamente una pregunta de dicho nivel.

- si el estudiante presenta un número elevado de respuestas incorrectas (mayor que un cierto número k, a definir), sugerirle que lea y analice cuidadosamente la información contenida en los enlaces propuestos.

Finalizado el trabajo de los estudiantes en la secuencia, el docente cuenta con información sobre las respuestas brindadas por los estudiantes. Esta puede servir de base para la organización de un encuentro sincrónico de discusión sobre las actividades resueltas, con el objetivo de aclarar las dudas y ayudar a superar las dificultades observadas. También puede resultar de utilidad para el diseño de nuevas actividades orientadas al desarrollo de la comprensión gráfica durante todo el curso.

En resumen, la propuesta para desarrollar la comprensión gráfica en estudiantes de Ingeniería Industrial contempla una secuencia de actividades virtuales, para resolver durante el primer mes del curso durante el cual se presenta todo el ciclo PPDAC y se aborda el análisis descriptivo de datos; un encuentro presencial para aclarar los errores observados en la resolución de la secuencia, al finalizar el primer mes y un conjunto de actividades virtuales breves a lo largo de todo el curso de modo que el estudiante siga desarrollando esta habilidad. A su vez, los estudiantes trabajarán con gráficos en la resolución de los diferentes problemas y casos que se les propongan, y los docentes tendrán la posibilidad de seguir puntualizando los aciertos y errores que observen en esas instancias.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

En la secuencia propuesta a los estudiantes para desarrollar la comprensión gráfica se parte de una problemática inicial referida a fallas en un proceso de producción de piezas metálicas, En esta sección se presenta, a modo de ejemplo, una situación derivada de dicha problemática que se propone en una de las etapas de la secuencia.

En la Tabla 1 se describe la situación, asociada a dos variables cualitativas y se presenta el gráfico de sectores comparativo que la acompaña; así como los temas de los enlaces. En la Tabla 2 se presentan algunas de las preguntas que se pueden proponer a los estudiantes, asociadas a los tres niveles de comprensión gráfica.

Tabla 1. *Situación problemática, gráfico y enlaces asociados a la situación problemática que involucra dos variables cualitativas propuesta en la secuencia*

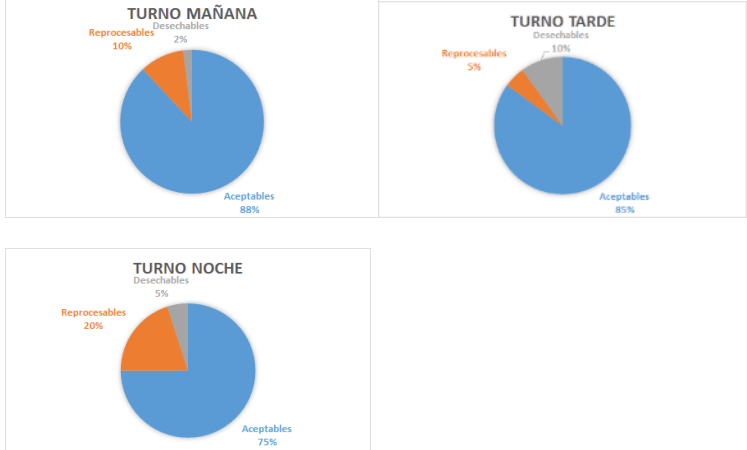
Elementos	Descripción de los mismos																
Descripción de la situación problemática	En la empresa metalúrgica detectaron que la línea VI era la que más piezas falladas producía. El encargado de la línea sospecha que no todos los turnos de operarios trabajan de manera adecuada y decide llevar adelante el siguiente estudio: seleccionar 100 piezas producidas en el último mes por cada uno de los tres turnos (Mañana, Tarde y Noche) y clasificarlas, de acuerdo a las fallas encontradas, en "Aceptables" (si no están falladas), "Reprocesables" (si las fallas encontradas pueden ser reparadas) y "Desechables" (si las fallas encontradas no pueden ser reparadas).																
Gráfico presentado	 <p>The figure consists of three pie charts, one for each shift: Mañana, Tarde, and Noche. Each chart shows the percentage distribution of pieces into three categories: Aceptables (blue), Reprocesables (orange), and Desechables (grey).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Turno</th> <th>Aceptables (%)</th> <th>Reprocesables (%)</th> <th>Desechables (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mañana</td> <td>88%</td> <td>10%</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Tarde</td> <td>85%</td> <td>5%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Noche</td> <td>75%</td> <td>20%</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>	Turno	Aceptables (%)	Reprocesables (%)	Desechables (%)	Mañana	88%	10%	2%	Tarde	85%	5%	10%	Noche	75%	20%	5%
Turno	Aceptables (%)	Reprocesables (%)	Desechables (%)														
Mañana	88%	10%	2%														
Tarde	85%	5%	10%														
Noche	75%	20%	5%														

Tabla 2. *Posibles preguntas para la actividad propuesta con el diagrama de sectores comparativo, asociadas con cada nivel de comprensión gráfica.*

Nivel	Preguntas posibles
1	<p>¿Con qué categorías están asociados cada uno de los diagramas de sectores?</p> <p>¿Qué información se presenta en cada uno de los diagramas de sectores?</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de piezas desechables producidas en el turno Mañana? ¿Y en el turno Tarde? ¿y Noche?</p>

2	¿Considera que el gráfico está bien construido? ¿De qué otra manera se podría presentar la misma información? (tablas, otros gráficos) ¿Cuál de ellas le parece la más conveniente? ¿Qué cantidad de piezas se analizaron? ¿El % de piezas desechables varía con el turno? ¿Cuál es el turno que más piezas desechables produce? ¿Y para las otras categorías? Si tuviera que elegir un turno en el que comenzar actividades de mejora, ¿a cuál elegiría?
3	¿Cuál es el objetivo del estudio? ¿Cómo definiría a la/s población/es bajo estudio? ¿y a las variables? ¿Considera que los datos analizados constituyen una muestra? ¿Qué conclusiones puede obtener a partir de los gráficos en relación al objetivo propuesto? ¿Son estas conclusiones preliminares o definitivas? ¿Considera válidas las conclusiones si los turnos tuvieran volúmenes de producción muy diferentes?

5. CONSIDERACIONES FINALES

Como se manifestó en este trabajo, las diferentes habilidades en relación a los gráficos estadísticos y especialmente la comprensión, resultan de suma importancia en todo el proceso de resolución de problemas de naturaleza estadística. Para que los estudiantes logren niveles altos de comprensión gráfica es indispensable que resuelvan frecuentemente actividades en las cuales deban analizar la información brindada en gráficos construidos por ellos o por otros.

En este trabajo se propone una secuencia de actividades destinadas a desarrollar la comprensión gráfica, que idealmente se piensa para el primer mes de un curso de Estadística destinado a futuros ingenieros industriales. Del análisis del trabajo de los estudiantes al resolver la secuencia, surgen también un encuentro presencial de discusión y un conjunto de actividades más breves a implementar durante todo el curso.

La secuencia, pensada para ser implementada virtualmente, aplicando el módulo Lección de Moodle, al igual que el resto de las actividades, permite al estudiante de forma dinámica, flexible y autodirigida que él mismo guíe su propio aprendizaje sobre los gráficos estadísticos mientras en el curso se profundizan estos temas y se van abordando otros nuevos. A su vez, la plataforma brinda al docente información sobre el trabajo de los estudiantes.

Con esta información, los docentes pueden identificar las dificultades frecuentes y rediseñar nuevas actividades destinadas a superarlas.

El trabajo en relación a esta propuesta y las conclusiones que se vayan obteniendo de las resoluciones de los estudiantes, serán compartidos con docentes de distintos niveles y servirán de base también para diseñar otras secuencias para estudiantes de diferentes carreras de nivel superior y para estudiantes de nivel secundario.

6. REFERENCIAS

- [1] Wild, Chris J. y Pfannkuch, Maxine. (1999). "Statistical Thinking in Empirical Enquiry". *International Statistical Review*, Vol. 67, N° 3, páginas 223-265. Holanda.
- [2] Curcio Frances R. (1989). *Developing Graph Comprehension: Elementary and Middle School Activities*. Reston, Virginia. Primera edición. National Council of Teachers of Mathematics. Estados Unidos.
- [3] Friel, Susan N.; Curcio, Frances R. y Bright, George W. (2001). "Making sense of graph: critical factors influencing comprehension and instructional implications". *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 32, N° 2, páginas. 124 - 158. Estados Unidos.
- [4] Arteaga, Pedro; Batanero, Carmen; Contreras, José Miguel y Cañadas, Gustavo. (2016). "Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores". *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, Vol. 19, N° 1, páginas 15 - 40. México.
- [5] Cobos, Cristóbal. (2016). *La Innovación Pendiente Reflexiones (y Provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Colección Fundación Ceibal. Montevideo, Uruguay. Primera edición. Editorial Sudamericana Uruguay. Uruguay.
- [6] Antonenko, Pavlo; Toy, Serkan y Niederhauser, Dale. (2004). "Modular object-oriented dynamic learning environment: What open source has to offer" *Annual Conference of the Association for Educational Communications and Technology*. Anaheim, Estados Unidos.
- [7] Conde Vides, Juan V. y otros. (2019). *Manual Moodle 3.5 para el profesor*. Madrid, España. Primera edición. Universidad Politécnica de Madrid. España.

“Presencialidad virtual” en un curso de Ingeniería Industrial: cómo se desarrollaron las clases de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado durante la cuarentena

Rodríguez, Georgina*; Caligaris, Marta; Laugero, Lorena; Depaoli, Iván

Grupo Ingeniería & Educación, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Colón 332 – San Nicolás de los Arroyos, Buenos Aires.
{grodriguez, mcaligaris, llaugero, idepaoli}@frsn.utn.edu.ar

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°2**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/issue/view/3>

RESUMEN.

Covid-19 cambió radicalmente la vida de todos, tanto en lo personal como en lo laboral. La cuarentena impuesta forzó a los docentes a cambiar su manera de enseñar, de evaluar, de comunicarse con los alumnos. Algunos, superaron los obstáculos pudiendo seguir el ritmo planificado, otros no del todo, y es lógico, pocos estaban preparados para enfrentar esta situación. Los estudiantes también tuvieron que adaptarse repentinamente a una nueva forma de aprender. Algunos con escasos recursos tecnológicos, no pudieron seguir el ritmo que se imponía. Otros intentaron seguirlo con dificultades, otros no tuvieron inconvenientes.

Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, asignatura de tercer año de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional San Nicolás (UTN), se adaptó rápidamente al “cursado virtual”. Se continuó aplicando la modalidad de aula invertida, como en años anteriores. Se dictaron las clases mediante Zoom, con un alto porcentaje de asistencia. Fue importante el seguimiento de los alumnos en las actividades de la plataforma Moodle. También se utilizaron herramientas de Office 365. Se encontraron algunas dificultades a la hora de evaluar, pero en general, los resultados fueron satisfactorios, sobre todo teniendo en cuenta que la deserción no fue significativa.

Se muestran aquí las estrategias y herramientas utilizadas como así también, los resultados obtenidos durante el primer semestre, y algunas propuestas para el segundo, suponiendo continuar con la “presencialidad virtual”.

Palabras Claves: presencialidad virtual, virtualidad forzada, recursos online

ABSTRACT.

Covid-19 radically changed everyone’s life, both in personal as labor aspects. The mandatory quarantine forced faculty to change their way of doing every task they did with students: teaching, communicating, assessing. Some of them, could overpass obstacles following what was planned for face-to-face classes, others not so well, and it is logical, since few was prepared for what had to be done.

Students also had to meet the requirements to the fast pace of change in the way of learning. Some, with scarce technological resources could not link up the courses. Others were able to join them with some difficulty, many had no obstacles and were able to keep up.

Numerical Analysis and Advanced Calculus, one of the subjects in the third year of Industrial Engineering at Facultad Regional San Nicolás (UTN), quickly adapted to the new modality of non-presence classes. The flipped classroom strategy continued, as in the previous years. Virtual presence in classes was made possible by Zoom, with a high attendance rate. The monitoring of student activities in Moodle was also important. Some Office 365 tools were also applied. Despite some difficulties appeared when assessing, the results in general were satisfactory, especially considering that desertion was not significant.

The strategies and tools used and the results obtained during the first semester are shown here, and some proposals for the second semester, assuming that the "virtual presence" will continue.

Keywords: virtual presence, forced virtuality, online resources.

Evaluando competencias a través de juegos serios

Gallegos, María Laura*; Valentini, José; Hetze Vanesa; Cinalli, Marcelo

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.
Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires.*

mgallegos@frsn.utn.edu.ar, pvalentini@frsn.utn.edu.ar,
vhetze@frsn.utn.edu.ar, mcinalli@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

La enseñanza del tema “Costos de Calidad”, resulta en ocasiones un contenido complejo de comprender y dimensionar, en especial, cuando se estudian los costos ocultos, cuya visualización se dificulta en la aplicación concreta dentro de una organización.

En el marco del proyecto de investigación ING628 con sede en FCEIA de UNR y desarrollado en conjunto con UTN-FRSN, se diseñó y desarrolló en la materia Ingeniería en Calidad de la carrera Ingeniería Industrial, un juego serio para enseñar y evaluar costos de calidad. Luego, se realizó una actualización y mejora, proponiendo incorporar a la dinámica, además de los contenidos conceptuales del dominio lógico disciplinar (identificar, interpretar y clasificar costos), el desarrollo de competencias procedimentales y actitudinales, tales como liderazgo, capacidad de negociación y trabajo en equipo.

Se describe en el presente trabajo una propuesta de instrumento de evaluación, diseñando un modelo de rúbrica para medir el desempeño de dichas competencias y obtener una valoración objetiva de las mismas. Se incluyen resultados de las observaciones y pruebas realizadas hasta el momento, con integrantes del equipo de investigación y en el marco de la clase.

El uso y aplicación de rúbricas en una actividad gamificada permite evaluar las competencias a través de la observación y de las evidencias de las interacciones de los participantes durante el desarrollo de la dinámica (presencial o virtual).

Palabras Claves: Juegos serios, ingeniería industrial, evaluación, rúbrica o matriz de valoración

ABSTRACT

Sometimes, the way in which the topic “quality costs” is taught results in a content that is difficult to understand and seize, particularly, when the time comes to analyze hidden costs whose visualization is even harder in a certain real situation inside an organization.

As a part of the research project ING628 of the FCEIA at UNR and developed along with FRSN at UTN, a serious game was designed and developed in the subject named Quality Engineering of Industrial Engineering career in order to teach and assess quality costs. Afterwards, an update and improvement was made, so as to include not only the concepts of the logic and discipline domain (identify, interpret, and classify costs) in the dynamic but also foster procedural and behavioural competences such as leadership, negotiation skills, and teamwork.

In this paper, a proposal for an assessment tool is described; additionally, a rubric model is designed so as to measure the performance of the said competences and to obtain an objective score of them. Results of the observations and tests so far with members of the research team and in the context of a class are included.

The use and implementation of rubrics in a gamified activity allows evaluating the competences through observation and the telltales that the interactions between contestants leave behind as the dynamic unfolds (face-to-face or online).

Keywords: Serious games, Industrial Engineering, assessment, rubrics or scoring matrix

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza del tema “Costos de Calidad”, resulta en ocasiones un contenido complejo de comprender y dimensionar, en especial, cuando se estudian los costos ocultos, cuya visualización se dificulta en la aplicación concreta dentro de una organización.

En el marco del proyecto de investigación ING628 con sede en Facultad de Ciencias Exactas Economía y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario y desarrollado en conjunto con Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás, se diseñó y desarrolló en la materia Ingeniería en Calidad de la carrera Ingeniería Industrial, un juego serio para enseñar y evaluar costos de calidad. Luego, se realizó una actualización y mejora, proponiendo incorporar a la dinámica, además de los contenidos conceptuales del dominio lógico disciplinar (identificar, interpretar y clasificar costos), el desarrollo de competencias procedimentales y actitudinales, tales como liderazgo, capacidad de negociación y trabajo en equipo.

Se describe en el presente trabajo una propuesta de instrumento de evaluación, diseñando un modelo de rúbrica para medir el desempeño de dichas competencias y obtener una valoración objetiva de las mismas. Se incluyen resultados de las observaciones y pruebas realizadas hasta el momento con integrantes del equipo de investigación y en el marco de la clase. También entrevistas con actores del proceso y sus conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

La incorporación de un juego serio (*serious games*) en la enseñanza de un tema, constituye una herramienta que favorece el aprendizaje activo, la resolución de problemas y el desarrollo de otras habilidades y destrezas como la comunicación efectiva, el liderazgo y el trabajo en equipo. Entendiendo juego serio como aquel que contiene fines de enseñanza “*los juegos serios o serious games son objetos y/o herramientas de aprendizaje que poseen en sí mismos, y en su uso, objetivos pedagógicos, didácticos, que posibilitan los participantes o jugadores a obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos*” [1], y el aprendizaje activo como aquella estrategia que propicia una actitud activa del estudiante en clase en contraposición con métodos más tradicionales donde los estudiantes se limitan a tomar notas de una clase magistral o de aquello que observan en una pizarra o presentación. Se utilizan elementos de juegos en un contexto diferente para aumentar la motivación y el compromiso con lo que se enseña, cualidades que son beneficiosas en el proceso de aprendizaje, además de mejorar la experiencia que tiene el alumno. [2]

Además, el ejercicio de una actividad lúdica se adapta al modelo de formación por competencias, ya que favorece el desarrollo de competencias genéricas y específicas. Señalando que CONFEDI ha explicitado el concepto de competencia como “*la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales*”. [3]

Tanto en estrategias tradicionales de enseñanza como en aquellas que se utilizan juegos serios o dinámicas gamificadas, la evaluación constituye un proceso primordial, el cual permite guiar el desarrollo del estudiante y monitorear, así como mejorar la calidad de los programas [4]. Entendiendo evaluación como el “*Proceso sistemático, diseñado intencional y técnicamente, de recogida de información, que ha de ser valorada mediante la aplicación de criterios y referencias como base para la posterior toma de decisiones de mejora, tanto del personal como del propio programa*”. [5]

El juego serio “Costos de calidad” se diseñó e implementó en 2017 para enseñar costos de calidad y de la no calidad, su clasificación y principales usos, mediante preguntas que los estudiantes debían responder en tiempos predeterminados a partir de un debate en grupos, buscando potenciar la atención, la comunicación y participación. [6] Se evaluaron sus resultados a través de una encuesta de percepción (para conocer el desempeño del juego serio) y de un test de conocimiento a los estudiantes (para revisar la aprehensión de conceptos), logrando los objetivos propuestos. Una nueva versión se diseñó e implementó al siguiente año, con mejoras en la dinámica a partir de las características del curso, perfil de los participantes y de los resultados medidos el año anterior, en cuanto a las instrucciones e instrumentos, haciendo uso de herramientas tecnológicas y nuevas reglas para una participación más interactiva de los estudiantes. [7]

En 2019, se buscaron alternativas para que el juego serio, permita conocer y practicar conceptos, como también potenciar otras habilidades. Consecuentemente se desarrolló una nueva versión, aplicando el modelo de sistematización de experiencias, [8] identificando primero las competencias a desarrollar por la lúdica, planteando luego la planificación del proceso de enseñanza y aprendizaje, siguiendo por buscar instrumentos para medir y analizar los resultados y socializarlos, para que finalmente esos resultados puedan abastecer nuevos diseños y retroalimentación al proceso.

En este sentido, el concepto de evaluación también es coincidente con lo planteado por González & Cabrero que la define como “*un proceso de recogida, procesamiento y valoración de información orientado a determinar en qué medida el estudiante ha adquirido el conocimiento y dominio de una determinada competencia o conjunto de competencias*”. Es su conceptualización, también indica la necesidad de elaborar instrumentos en el que puedan identificarse niveles de logro “*escalonados* y

jerárquicos”, ya que no todos los participantes del proceso de evaluación los alcanzan en la misma medida. [9] Tobón propone el instrumento denominado “*rúbrica o matriz de valoración*” [10] para ser consistentes con la evaluación según estos niveles.

El uso y aplicación de rúbricas en una actividad gamificada permite evaluar las competencias a través de la observación y de las evidencias de las interacciones de los participantes durante el desarrollo de la dinámica propuesta que se presta a realizarse de manera presencial.

Los juegos serios motivan a la participación activa, los participantes se animan a la experiencia de aprender jugando, a través de mecanismos de prueba y error, y por lo tanto alcanzar distintos niveles de logro, tanto sea en conocimientos como en destrezas o habilidades que se buscan alcanzar.

3. DESARROLLO

Se describen a continuación la identificación de competencias, la nueva versión del juego serio y las corridas realizadas.

3.1 Identificación de las competencias.

La formulación de competencias del juego serio se analizó en relación al dominio lógico disciplinar (competencias conceptuales), a las destrezas y habilidades (competencias procedimentales) y a las actitudes, valores, y normas ético-sociales (competencias actitudinales), según se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: *Identificación de competencias [8]*

Dominio Lógico disciplinar	Destrezas y Habilidades	Actitudes y Valores
Identificar, interpretar y clasificar costos de prevención, evaluación, de fallas internas y externas), interpretar usos y aplicaciones más comunes, asociar conceptos y contabilización.	Interpretar y comprender tarjetas, resolver problemas con velocidad de respuesta y acierto, desarrollar la iniciativa y el liderazgo, desarrollar la toma decisiones de acuerdo al curso de la operación lúdica.	Desarrollar el trabajo en equipo, comunicar y escuchar de manera efectiva, desarrollar liderazgo, Comprender y respetar reglas, y comportamiento ético.

3.2 Breve descripción del juego 2019

Esta lúdica nació como una propuesta de gamificar la enseñanza de costos de calidad, utilizando preguntas y respuestas en un formato de tarjetas, para generar un espacio de intercambio entre estudiantes, moderadores y docentes, y promover un aprendizaje más activo, buscando interacción y aplicación práctica de la clasificación de costos y su interpretación. El juego serio mutó desde sus inicios, en el que había tarjetas físicas y preguntas respondidas de forma oral a una gamificación con tarjetas virtuales y respuestas en una plataforma disponible para su uso a través de celulares en 2018. En el 2019, se desarrolló una nueva propuesta, explicando las reglas con diapositivas proyectadas como las que se muestran en la Figura 1 manteniendo las consignas en pantalla, sin embargo, se le dio una nueva perspectiva en cuanto a las modalidades de interacción y dinámica.



Figura 1: Diapositivas de presentación. Fuente: elaboración propia.

Para responder acerca de la interpretación o la clasificación de los costos, ahora un líder debía designar quién respondía, con las siguientes alternativas: a) un integrante del equipo, b) el equipo debía debatir en conjunto qué responder, c) respondía él mismo o “pasaba” la pregunta a otro equipo. Según cuál era la decisión tomada se atribuía un puntaje diferente.

Los equipos fueron armados de forma aleatoria con la intención de que la actividad permitiera la interacción con compañeros que eran poco conocidos entre sí y luego poder comparar con los equipos conformados por aquellos compañeros con los que realizan trabajos habitualmente. Cada respuesta tenía un tiempo límite determinado por un dado, para que el líder tuviera que decidir, con base en el tiempo que tenía, quién era el integrante más adecuado para contestar.

Las tarjetas que se usaron tenían consignas de clasificación o verdadero y falso (Figura 2) que fueron realizadas por los docentes de la asignatura y fueron redactas con la intención de ser aplicables al campo profesional y del trabajo y que puedan relacionar la teoría mediante deducción lógica con las aplicaciones según el caso, ayudados por el debate y el análisis del equipo.

Las propuestas de cambio realizadas en 2019, fueron motivadas por la retroalimentación del juego anterior, en la que se vio a los participantes con interacción en su equipo, pero no logrando interactuar con otros equipos y un moderador que realizaba las acciones de todos los equipos en el tablero, lo que tornaba la lúdica lenta y mostraba a los participantes estáticos en su rol. La propuesta fue probar con esta adaptación que prometía ser más ágil y dinámica manteniendo los objetivos del aprendizaje.

Clasificá: Desecho en operaciones de apoyo

Desecho en operaciones de apoyo. Artículos defectuosos en operaciones indirectas.

- Costo de falla interna
- Costo de falla externa
- Costo de evaluación

- Costo de prevención
- Costo oculto

CFI = ?

Los costos de fallas internas están asociadas con el fracaso de cumplir con los requisitos explícitos o con las necesidades implícitas de los clientes.

● Verdadero
● Falso

Figura 2: Tarjeta de clasificación (izquierda) y de verdadero y falso (derecha). Fuente: elaboración propia.

3.3 Corridas y pruebas

El inicio de la actividad se realizó con una breve presentación del tema costos de calidad a los estudiantes. Luego se presentó la metodología y objetivos del juego.

Se utilizaron dos modalidades durante el desarrollo de la lúdica. La primera, para dar comienzo al juego, con equipos elegidos al azar, ubicados en mesas con nombres de los maestros de la calidad (Deming, Juran, Ishikawa, Crosby, Feigebaum). Cada estudiante, al ingresar al salón, tomaba al azar y se sentaba en la mesa que correspondiente según el maestro indicado. En la segunda instancia, cada estudiante optaba por formar su equipo, ya fuese por afinidad, grupo de pares más común u otros aspectos de interés.

Se buscó cambiar el escenario y no realizar la actividad en el salón de clases, por lo que el juego se llevó a cabo en el salón de usos múltiples de la Facultad, lo que favoreció el espacio de trabajo (más amplio) y un ambiente de intercambio más fluido y descontracturado.

El planteo del juego fue interpelante, a través de las respuestas por equipos y según las alternativas de selección: (líder, colaborador, equipo u otro equipo) y el siguiente lema: “Todos deben pensar la

pregunta, porque todos pueden participar” (los oponentes que también pueden contestar, suman puntos a su equipo en caso de responder correctamente). Un moderador contabilizó el puntaje, los participantes conocían sus posiciones y tiempo asignado para responder (ajustado por cronómetro) a través de la proyección de los resultados.

Durante el desarrollo del juego serio, los profesores y moderadores realizaron una observación permanente del trabajo general de los equipos, la acción de los líderes, la negociación, la comunicación e interacción entre pares. Algunas de las cuestiones observadas fueron: utilización de distintas estrategias para la resolución y búsqueda de aciertos (de manera individual y en equipo), sistematización en el uso de estas estrategias, roles asumidos, toma de decisiones expeditivas (adecuadas y oportunas), capacidad de negociación, interacción entre líder-equipo-colaborador, acatamiento de reglas y comportamiento ético, respeto y escucha para el debate.

El líder era una opción a elegir dentro del equipo y algunos cambiaron el líder, sin embargo, el equipo ganador, no modificó integrantes ni su líder durante el juego.

4. RESULTADOS

Se utilizaron dos herramientas de evaluación: un test para conocer el dominio lógico disciplinar (4.1), y una encuesta para conocer la percepción de los participantes en cuanto a las cualidades del juego (4.2). También entrevistas a algunos de los participantes (4.3). Luego se pensó en diseñar una herramienta para evaluar competencias actitudinales (4.4).

4.1. Evaluación de contenido

Finalizada la lúdica, se realizó el test de conocimiento, Tabla 2, con la clasificación de costos: Balance Costos de Calidad (CC) para evaluar competencias del dominio disciplinar. Aquí debían clasificar los costos (de prevención, de evaluación, de fallas internas, fallas externas y ocultos), volcando valores en un balance asociado a una empresa.

Tabla 2. Test de conocimiento. Fuente: elaboración propia.

COSTOS DE CALIDAD		
Costo	Observación	Monto
Fallas internas		
Fallas externas		
De evaluación		
De prevención		

En la Figura 3, se observa el nivel de respuesta de las 10 tarjetas en cada situación planteada. Cada una de ellas obtuvo un porcentaje de clasificación. Estos datos surgen del análisis de los test de conocimiento completados por los participantes del juego, de manera individual.

Observando los datos obtenidos de cada test, se puede indicar que todos los alumnos que jugaron tuvieron un porcentaje mayor a 60% de clasificación correcta de las 10 tarjetas de situación.

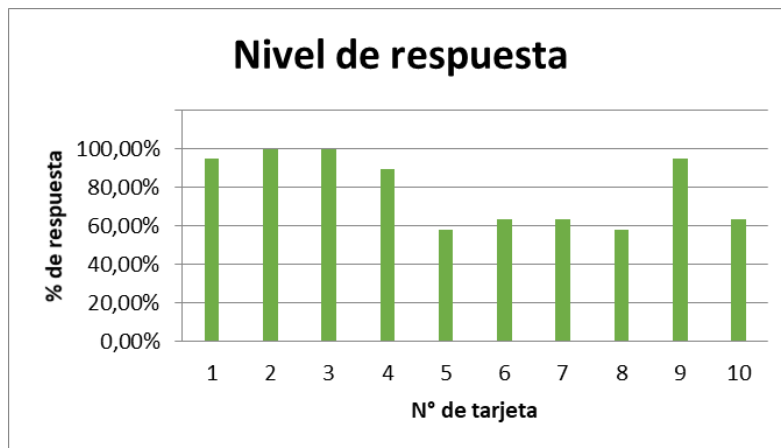


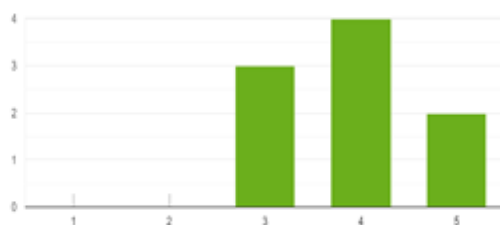
Figura 3. Nivel de respuesta. Fuente: elaboración propia.

4.2. Encuestas

Luego, se compartió una breve encuesta en formato digital para conocer la percepción general de los participantes, en cuanto a las cualidades del juego serio respecto a su dinámica y uso para fines de aprendizaje. Se obtuvo un nivel de respuesta del 47%, se resume brevemente a continuación los resultados obtenidos:

- En una escala de valoración de 1 (nada de conocimiento previo del tema) a 5 (mucho conocimiento previo), los encuestados indicaron porcentajes similares en el rango de 1 a 3 (33, 22 y 44% respectivamente).
- El 77,7% de los encuestados, afirmó que un juego serio es útil para incorporar conocimientos de un tema específico, concentrándose las respuestas en 4 y 5, en una escala de valoración de 1 (poco útil) a 5 (muy útil). Dado que ya había conocimientos previos, cuando se consultó acerca del si la lúdica aumentó el conocimiento del tema costos de calidad, hubo distintas valoraciones: el 44,4% señaló haber aumentado el nivel de conocimiento que tenía del tema (indicando niveles 4 y 5) y en valores inferiores, medianamente con 33,3% y poco aumento con 22,2%.
- La interacción con los integrantes del equipo fue mayormente positiva. Aunque hubo diferencias en cuanto a la distribución de las respuestas cuando se preguntó sobre la interacción con miembros del equipo elegido espontáneamente o el indicado por profesores, en una escala de 1 (escasa) a 5 (muy fluida), En el primer caso, la valoración se distribuyó 3 a 5 (figura 4a), concentrando con mayor porcentaje en nivel 4 (44,4%). En el segundo, las respuestas se distribuyeron entre 2 y 5 con iguales porcentajes en 3 y 4 (33,3%) y un porcentaje mayor que en el caso anterior, en 5 (fluido) correspondiente a 22,2% (figura 4b).
- Por último, los estudiantes indicaron que el juego aumentó el nivel de conocimiento que tenían del tema, aunque hubo dificultades para comprender las instrucciones. Señalaron algunos problemas con la manera de interpretar la suma de puntajes. Sin embargo, reforzaron el concepto de que las instrucciones se aprenden jugando y que las rondas de prueba son útiles para entender reglas y dinámica.

a) Interacción entre miembros (equipo elegido)



b) Interacción entre miembros (equipo propuesto)



Figura 4 a) y b) Respuestas a la encuesta. Fuente: elaboración propia

Respecto a las observaciones que realizaron los moderadores y profesores a partir de la experiencia lúdica, y en relación a los resultados de las encuestas, pueden señalarse importantes valoraciones referidas al liderazgo, intercambio de roles, a la negociación y al trabajo en equipo.

Ante la propuesta de una nueva dinámica de juego, se detectó la necesidad de medir dichas observaciones, dado que aspectos como las relaciones de organización de equipos, comunicación entre grupos y sus miembros, y la toma de decisiones; se vieron afectadas por las nuevas reglas propuestas. Ello implicó la necesidad de cambios de rol del líder del grupo y los vínculos con sus miembros para poder cumplir con el objetivo del juego.

Por este motivo, se pensó en diseñar una herramienta que permita evaluar de manera objetiva las competencias actitudinales para futuras corridas del juego. Se diseñó una rúbrica o matriz de valoración, que tuvo como insumo las entrevistas virtuales a los actores del proceso (estudiantes y moderadores) para profundizar aquellas cuestiones y aspectos observados.

4.3. Entrevistas

De modo posterior a la realización de la lúdica, se realizaron cuatro entrevistas: dos de ellas a alumnos participantes del juego, una a un alumno del mismo ciclo lectivo que no pudo participar, y la cuarta a uno de los moderadores.

De ellas se rescató que el tema desarrollado a través del juego serio perduró en la memoria de los participantes (aun habiendo pasado unos meses de la realización).

Los estudiantes que participaron, pueden hablar del contenido que se impartió, recordando aplicaciones y situaciones puntuales vinculadas a la clasificación de costos y sus aplicaciones prácticas en la industria de producción y servicios, mientras que el alumno que no participó sólo tenía presente algún elemento visual del material tradicional de clases sin recordar el contenido.

En la primera entrevista, el estudiante señaló como aspecto positivo del juego serio, que las preguntas orientadas al análisis de ejemplos concretos permiten relacionar la teoría con la realidad emulando la situación en una empresa. Como contrapartida, mencionó que la administración del tiempo para el debate en equipos fue una dificultad, (se aclara en este caso que era uno de los objetivos del juego). particularmente para el estudiante que asumía el rol de líder y que debía gestionar y tomar las decisiones.

También indicó que la responsabilidad de ser líder fue muy distinta cuando el juego se realizó con equipos integrados por participantes “conocidos” (como una manera de poder compartir la responsabilidad por conocer las capacidades del equipo), que cuando se llevó a cabo con equipos integrados por pares “no conocidos o habituales”, implicando cierta incertidumbre (es decir, si respondía el equipo propio o pedir que respondan contrarios). Es decir, la responsabilidad de conocer al equipo incidía en la decisión a tomar y por ende, en los resultados (aciertos y puntajes asignados). En relación con el cumplimiento de reglas y comportamiento ético a la hora de participar, observó que se respetaron tiempos, pautas y no hubo intercambio de señas ni fraudes por parte de líder y equipos. Esto también se observó en la interacción entre equipos, si alguien sabía la respuesta respetaba el momento de participar.

La siguiente entrevista, el estudiante realizó comentarios en línea y relación con lo expuesto por el primer entrevistado. Luego, comentó que no asumió el rol del líder, pero si formó parte de un equipo como integrante. Destacó la necesidad de definir un tiempo acorde para poder debatir y llegar a las conclusiones en conjunto (relación de integrantes del equipo con el tiempo impartido y éste en relación al tiempo para decir la decisión final. También la posibilidad de sumar material teórico previo a la corrida, dadas las distintas maneras de conocer y experimentar el aprendizaje.

Finalmente, ambos entrevistados indicaron que utilizarían o recomendarían la lúdica para aprender costos de calidad.

Los estudiantes manifestaron que el *test* les resultó una manera adecuada de asimilar los contenidos vistos, en un esfuerzo por construir el balance de costos a partir de las experiencias aprehendidas del juego. Sin embargo, indicaron que, al momento de verse enfrentados en la situación de responder de forma individual, debieron tomarse el tiempo necesario para poder internalizar la información que se había debatido de manera grupal.

Esta retroalimentación es valiosa para revisar tiempos asignados (acordes a un debate o discusión) o tamaños en la definición de equipos (de modo que se puedan elaborar todos los aportes individuales y construir la respuesta en conjunto). También asignar momento de discusión a posteriori de cada ronda para aclarar las dudas generales y para puesta en común (esto en el caso de algunas tarjetas de contenido similar, que pueden causar dudas o confusión por sus contenidos similares y que requieren una explicación más profunda por parte de los profesores).

El moderador señaló algunas dificultades durante la organización y coordinación que pueden preverse y subsanarse mediante la planificación de la actividad y con más pruebas (sumatoria de puntajes, proyección de preguntas y coordinación de los grupos). Asimismo, señaló una observación realizada también por profesores y coordinadores referidos a sumar más colaboradores para maximizar el rendimiento y obtener una mejor *performance* del juego serio (hubo tareas que no fueron previstas y se improvisaron soluciones al momento de la corrida).

4.4 Rúbrica

Se presenta en la Tabla 3 la rúbrica diseñada para evaluar una de las competencias que se incluyen que la tabla 1 en los contenidos actitudinales: el trabajo en equipo, liderazgo y la toma decisiones. A continuación, se describen las dimensiones medidas:

Comunicación: entre los pares, la cual se espera que sea fluida y eficaz, aunque pueden presentarse ruidos en el canal comunicación grupal. Además, esto se complementa la organización

de tiempos y los roles asumidos, para atender a la diversidad de opiniones que esgrime y aporta cada uno de los participantes.

Valores éticos y actitudes: constituyen otra perspectiva a evaluar, puesto que puede darse la oportunidad de evitar o quebrantar reglas, generar malos tratos o herir sensibilidades, aspectos que pueden medirse con los estudiantes desde el juego serio planteado y que hacen al perfil profesional.

Desempeño del Liderazgo: se analiza si se trata de autopostulación o es elegido y consensuado por el equipo, y si se pueden establecer vínculos de confianza, sinergia y respeto de las decisiones (teniendo en cuenta los aportes de todos los integrantes). También se debe analizar la contribución del líder para con el grupo de forma cualitativa, en base a los intercambios que tuvo con sus compañeros, la forma que ejerce su liderazgo y la confianza que genera, fomentando la sinergia.

Organización del equipo para el logro de objetivos: manteniendo un ambiente de trabajo adecuado, efectivo, y eficaz y a la vez en un clima de cordialidad, participativo y abierto a propuestas, escuchando a pares durante el proceso. Aquí cabe analizar la gestión del tiempo, ya que los tiempos cronometrados para generar las respuestas, requieren administrar las opiniones del equipo y búsqueda del consenso para cumplir con los objetivos y resultados esperados.

Tabla 3: Rúbrica para evaluar liderazgo y trabajo en equipo

Criterio	Nivel Alcanzado			
	Logro de excelencia	Logro de calidad	Logro básico	Logro mínimo
Comunicación	Todos expresan sus ideas de forma eficiente y fueron escuchados.	Todos expresan sus ideas de forma eficiente, pero no todos fueron escuchados	No todos expresan sus ideas de forma eficiente, pero todos fueron escuchados.	No todos expresan sus ideas de forma eficiente y no todos fueron escuchados.
Valores éticos y actitudes	Se respetan todas las reglas. Se mantiene el respeto, la amabilidad y el lenguaje asertivo.	Se respetan todas las reglas. No se mantiene el respeto, la amabilidad o el lenguaje asertivo	No se respetan todas las reglas. Se mantiene el respeto, la amabilidad y el lenguaje asertivo	No se respetan todas las reglas. No se mantiene el respeto, la amabilidad o el lenguaje asertivo.
Desempeño del Liderazgo	El liderazgo se da de forma natural: el equipo define el líder por consenso. El líder asume su rol coparticipando y escuchando y resumiendo los aportes.	El liderazgo se da de forma natural: el líder asume la iniciativa y toma decisiones, coparticipando a los miembros del equipo que realizan aportes desde su rol.	El liderazgo se impone, el líder tomó decisiones a partir de los aportes del equipo. El equipo deja la responsabilidad al líder en las decisiones.	El liderazgo se impone. El grupo no ve un beneficio tangible en tener un líder o no confía en su buen juicio para tomar decisiones.
Organización del equipo para el logro de objetivos	Se trabaja de manera organizada y coordinada, en congruencia con los tiempos establecidos. Se respetan y animan entre todos para mejorar el intercambio. Se comprenden los objetivos del juego y llegan a todas las conclusiones adicionando nuevos aportes y superando los objetivos.	Se trabaja de manera organizada existiendo algunas dificultades de coordinación y solapamiento. Se respetan y animan entre todos para mejorar el intercambio. Se comprenden los objetivos del juego y llegan a algunas conclusiones para cumplir con los objetivos (respuestas correctas, intercambios positivos).	Se trabaja de manera organizada, pero no se logra una coordinación. Se respetan y animan entre todos para mejorar el intercambio, ello hace que se comprendan los objetivos del juego, pero no se logre llegar a los resultados previstos en su totalidad (muchas respuestas incorrectas, desánimo).	Se trabaja de manera desorganizada. No se logra una coordinación para el desarrollo de la actividad. Por ende, no se llega a cumplir con los tiempos establecidos, sin lograr los objetivos (las respuestas se responden de manera incorrecta, hay desánimo, etc.).

A partir de los estudios previos del grupo de investigación y de los aportes realizados por profesores y moderadores, se recomienda una planificación sistematizada del proceso de instrumentación de la rúbrica como herramienta de evaluación. Entre los aspectos a planificar se encuentran los recursos correspondientes y las siguientes pautas:

- Presentar la rúbrica de manera anticipada a los estudiantes.
- Realizar una preparación previa a los observadores para mejores resultados del relevamiento.
- Definir aspectos metodológicos como, por ejemplo, los grupos a observar por cada moderador, el lugar o espacio físico desde donde se observa, las modalidades para el registro, etc. Para evitar dificultades y superposiciones en el momento de la toma de la observación.

5. CONCLUSIONES

La evaluación de las competencias constituye una realidad para los docentes universitarios cada vez más necesaria en la búsqueda de conciliar saberes y su aplicación. La aplicación de juegos serios favorece estas mediciones dinámicas generando atención y participación activa de los estudiantes.

Aunque no es posible generalizar los resultados obtenidos de las entrevistas a posteriori (10 meses) de realizada la actividad (y que no se ha realizado una medición estadística de manera descriptiva) la información obtenida señala que los estudiantes pueden recordar los conceptos aprendidos en mayor medida que quienes no estuvieron presentes en la actividad lúdica (reconociendo la dificultad de recordar los conceptos salvo aquellos esquemas gráficos que tenía el material teórico).

Se destaca la amplia aceptación por parte de los estudiantes y su recomendación de utilización en otras cátedras, como una herramienta que ayuda a la comprensión de temas complejos para visualizar y entender, objetivos perseguidos por la gamificación, y en particular por esta propuesta.

En cuanto a la instrumentación del juego serio, a partir de la experiencia de los moderadores y profesores, se rescata que es necesario trabajar en planificación previa y validación de manera activa y progresiva, es importante identificar situaciones posibles que pudieran ocurrir mediante herramientas de planificación (Análisis Modal de Fallos y Efectos -AMFE-, diagramas de decisión, etc.) y determinar acciones para corregirlas (ej. Caída de la conectividad al momento del lanzamiento del dado, como actuar ante el incumplimiento de una regla, etc.).

En esta lúdica de Costos de calidad, los estudiantes pudieron poner en práctica el pensamiento en equipo a partir del planteo de resolución de situaciones en distintos escenarios que traspasaron las paredes del salón de clases, rompiendo las barreras de la enseñanza tradicional. El juego lleva a un escenario desafiante y con la necesidad de tomar decisiones como es habitualmente en la realidad que va a presentárseles como futuros Ingenieros (y donde se requiere de la aplicación de competencias actitudinales, además de los saberes conceptuales y procedimentales). La rúbrica propone la medición objetiva de estos saberes.

6. REFERENCIAS

- [1] Sánchez Gómez M. (2007) Buenas Prácticas en la Creación de *Serious Games* (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
- [2] Domínguez A., Saenz-de-Navarrete J., deMarcos L., Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J. J. (2013) *Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes* *Computers & Education* 63 380–392
- [3] Documentos de CONFEDI" Competencias en Ingeniería" (2014) 1a Ed: Mar del Plata. Universidad FASTA. ISBN 978-987-1312- 61-0
- [4] Gardiner, L. F. (1994). *Redesigning Higher Education: Producing Dramatic Gains in Student Learning*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 7. ERIC Clearinghouse on Higher Education, One Dupont Circle, NW, Suite 630, Washington, DC 20036-1183.
- [5] Pérez Juste, R. (1995). Evaluación de programas educativos (pp. 71-106). En A. Medina y L. M. Villar (coords.), Evaluación de programas educativos, centros y profesores. Madrid: Universitat
- [6] Hetze V., Valentini J., Cabo N., Cinalli M., Bárbaro L., (2017) Una experiencia lúdica y sus resultados. X Congreso de Ingeniería Industrial, Universidad de Buenos Aires (UBA), CABA, Buenos Aires. ISBN-13: 978-84-17211-91-2
- [7] Valentini J., Gallegos M. L., Moschini C., Matesín A., Cinalli M. (2018) "Enseñanza de costos de calidad combinando TIC y gamificación" XI Congreso de Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina.
- [8] Gallegos M. L., Valentini J., Cinalli M., Cerrano M. L. (2019) Mejora permanente de Juegos Serios aplicados a la Enseñanza, JEIN, UTN Facultad Regional La Plata, Buenos Aires, Argentina
- [9] De la Mano González, M., & Cabero, M. M. (2009). La evaluación por competencias: propuesta de un sistema de medida para el grado en Información y Documentación. *BiD: textos universitarios de biblioteconomía i documentació*, (23), 14.
- [10] Tobón, S. (2006). Competencias, calidad y educación superior. Coop. Editorial Magisterio.

Propuesta de un Juego Serio en materias de ciclo básico de Ingeniería Industrial

Valentini, José*; Castro, Manuel; Colombo, Emanuel; Gasol, Julián; Moschini, César; Sassaroli, Fernando

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.
Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires. pvalentini@frsn.utn.edu.ar, mcastro@frsn.utn.edu.ar,
ecolombo@frsn.utn.edu.ar, jgasol@frsn.utn.edu.ar, cmoschini@frsn.utn.edu.ar,
fsassaroli@frsn.utn.edu.ar*

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la *Riii - Revista Internacional de Ingeniería Industrial N°3**

Artículo completo en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII>

RESUMEN

Este trabajo describe una propuesta de un juego serio aplicable en los primeros años de la carrera de ingeniería, que puede desarrollarse tanto en instancia presencial como virtual con los ajustes adecuados en el diseño. Constituye una estrategia didáctica innovadora para reforzar conceptos básicos fundamentales para el desarrollo de materias del ciclo básico en UTN-FRSN.

La propuesta lúdica se desarrolla en el marco de un proyecto de investigación. Tiene por objetivo incorporar, recordar y retener conceptos a través de la asociación y la lógica en una dinámica colaborativa y de competencia por equipos. Consiste en rondas por equipos, en cada uno un participante deberá descifrar la incógnita en un tiempo determinado realizando preguntas a su equipo. Busca la aprehensión de contenidos teóricos ejercitando desde el inicio de la carrera el trabajo en equipo, la comunicación efectiva, la gestión del tiempo y el liderazgo, para la formación integral del futuro ingeniero industrial.

Los juegos serios promueven la atención y el aprendizaje activo, potencian la interacción y participación entre estudiantes y profesores, y favorecen a través de la experimentación, el desarrollo de conocimientos y habilidades. En particular en el inicio de la carrera, en escenarios como el actual de emergencia sanitaria, se traduce en una instancia que favorece la integración de alumnos que en algunos casos no se conocen.

Palabras Claves: juegos serios, materias de ciclo básico, aprendizaje activo

ABSTRACT

This paper describes a proposal of serious game that can be applied to the early years of the engineering career, which may unfold in a physical classroom or a virtual one with the appropriate design changes. This constitutes an innovative didactic strategy to reinforce the basic and most fundamental concepts that are needed in general engineering courses at UTN-FRSN.

The ludic proposal is done within the scope of a research project. It aims at incorporating, remembering and retaining concepts through association and logic in a collaborative dynamic and a team challenge. There are rounds within each team; every one of the participants must unravel an unknown topic on a limited time frame by asking questions to their team. The apprehension of theoretical topics is intended by practicing teamwork, effective communication, time management, and leadership since the early stages of the career in order to have a well-rounded education for the future industrial engineers.

Serious games foster attention and active learning, improve the interaction and participation between students and teachers, and they favor the development of knowledge and skills through experimentation. Particularly in the beginning of the career, in scenarios like the present health emergency, serious games are positive for students to have a place to get to know each other if they haven't yet.

Keywords: serious games, general subjects, active learning.

Análisis de las evaluaciones no presenciales en la carrera de Ingeniería Industrial

Caliguli Elena Ester *; Brottier Lucía Inés

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.
Calle La Viña 2143 Ciudad de Mendoza

elena.caliguli@ingenieria.uncuyo.edu.ar, lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

En virtud de la Emergencia Sanitaria Coronavirus (COVID-19), a nivel mundial, la Facultad de Ingeniería UNCUIYO, ha implementado evaluaciones en modalidad no presencial. El acento puesto implica analizar *validez, confiabilidad y practicidad, considerando criterios y estrategias implementadas en el proceso de las evaluaciones finales*; específicamente en función del logro esperado de los estudiantes, en cuanto a, los saberes, habilidades y competencias; así como aspectos propios disciplinares, cantidad de alumnos y conformación de equipo docente. La toma de decisiones en el diseño de la evaluación final y la metodología de implementación, implica a priori del examen final, establecer las pautas vinculadas al juicio de evaluación del estudiante durante el proceso de evaluación, en cuanto a coherencia, precisión, consistencia u organicidad, tratamiento del tema, lógica de organización, suficiencia y claridad del uso del lenguaje y léxico disciplinar. En este contexto, el trabajo propone a) realizar una síntesis de los resultados de las experiencias de evaluaciones no presenciales en correlato con las evaluaciones presenciales del mismo tenor disciplinar; b) especificar los criterios adoptados por los docentes para el diseño de evaluaciones válidas, confiables y prácticas; c) describir instrumentos metodológicos implementados y d) evidenciar bondades y dificultades del desarrollo de evaluaciones no presenciales en la carrera de Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: Evaluación no presencial, Criterios, Estrategias, Metodología (máximo 5).

ABSTRACT

By virtue of the Coronavirus Health Emergency (COVID-19), at a global level, the UNCUIYO School of Engineering has implemented evaluations in a remote mode. The emphasis is on analyzing validity, reliability and practicality, considering criteria and strategies implemented in the process of final evaluations; specifically based on the expected achievement of the students, in terms of knowledge, skills and competences; as well as disciplinary aspects, number of students and formation of the teaching team. Decision-making in the design of the final evaluation and the implementation methodology, implies a priori of the final exam, establishing the guidelines linked to the student's evaluation judgment during the evaluation process, in terms of coherence, precision, consistency or organicity, treatment of the topic, organizational logic, sufficiency and clarity of the use of disciplinary language and vocabulary. In this context, the work proposes a) to make a synthesis of the results of the experiences of non-face-to-face evaluations in correlation with the face-to-face evaluations of the same disciplinary tenor; b) specify the criteria adopted by teachers for the design of valid, reliable and practical evaluations; c) describe implemented methodological instruments and d) show benefits and difficulties in the development of non-face-to-face evaluations in the Industrial Engineering career.

Keywords: Virtual evaluation, Strategies, Criteria, Methodology

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende describir criterios, estrategias y procesos de sustentación que se han dado en las instancias de evaluaciones no presenciales o a distancia desarrollados en los dos primeros llamados especiales de exámenes finales, generadas en el contexto de aislamiento social, preventivo y obligatorio.

En este sentido, cabe introducir el contexto en el que se han desarrollado una vez que se ha declarado a través del Decreto de Necesidad y Urgencia del Poder Ejecutivo Nacional 260/2020, luego de la declarada Pandemia mundial ocasionada por Coronavirus COVID-19. La Universidad Nacional de Cuyo toma la decisión política de dar respuesta a la comunidad en su conjunto, reglamentando alternativas para la continuidad de la enseñanza y aprendizajes, a través de sistemas de educación no presencial con las respectivas herramientas disponibles de las tecnologías de información y comunicación, mediante la Ordenanza N° 001/20-RE, ratificada por la Ordenanza N° 017/2020-CS del Consejo Superior [1]. En el mismo sentido, la Facultad de Ingeniería inicia un proceso urgente de sustentación de los procesos administrativos, académicos y virtuales de enseñanza y de evaluación; sustentados en recursos de tecnología de información y comunicaciones, adecuando la actividad académica, administrativa y educativa al contexto actual, esto implica la movilización de un gran aparato de comunicación entre los distintos actores institucionales.

Así el diseño de nuevas reglamentaciones específicas y la elaboración de protocolos, dieron impulso al dictado de clases utilizando la plataforma virtual, -Aula Abierta- y la utilización de diversos recursos de tecnologías de información y comunicaciones, entre ellos los de videoconferencia; además se generaron instancias de acompañamiento y capacitación del cuerpo docente y del alumnado; para dar cabida a una tarea sino titánica, pero sin duda de mucho esfuerzo y dedicación, que suponía finalizar en cualquier momento para volver a lo que conocemos como la normalidad en la presencialidad; sin embargo en la práctica se ha prolongado en función de las medidas vinculantes a la situación epidemiológica del país.

Las decisiones políticas en conjunto con las acciones implementadas, dan cuenta de los primeros resultados; en este punto es sin duda imprescindible el reconocimiento del trabajo conjunto y sobre todo de la labor docente, “ha sido y es gratificante y digno del mayor elogio la manera en que los docentes de cada unidad académica se pusieron al hombro estar a la altura de la hora para comenzar a desplegar un nuevo período académico haciendo uso exclusivo de herramientas de virtualización y mediación cuyo uso en estas condiciones ni se imaginaba no bien estábamos regresando entusiastas de las vacaciones de verano”, (CONFEDI, 2020).

En este marco se destacan los siguientes objetivos describiendo las estrategias y procesos implementados, para el desarrollo de evaluaciones a distancia.

- a) especificar los criterios adoptados por los docentes para el diseño de evaluaciones válidas, confiables y prácticas,
- b) describir instrumentos metodológicos implementados,
- c) realizar una síntesis de los resultados de las experiencias de evaluaciones no presenciales en correlato con las evaluaciones presenciales del mismo tenor disciplinar,
- d) evidenciar bondades y dificultades del desarrollo de evaluaciones no presenciales en la carrera de ingeniería Industrial.

El objetivo a) se muestra la síntesis de los dos primeros llamados a mesas de exámenes especiales, considerando la convocatoria a docentes que manifestaron poder evaluar a distancia. Además se realiza el correlato con los llamados equivalentes al ciclo académico 2019.

El segundo objetivo se desarrolla considerando la normativa de evaluación Ordenanza N° 108-CS [2], que dan lugar a la implementación e instrumentalización de las evaluaciones. Así mismo para explicitar bondades y dificultades, se tienen en cuenta las observaciones directas en las mesas de exámenes, los diálogos con los equipos docentes y una mirada integral de las dimensiones puestas en juego en el abordaje de las evaluaciones no presenciales.

La Carrera de Ingeniería Industrial cuenta en su plan de estudios con 39 espacios curriculares obligatorios (12 de ciencias básicas, 8 de Tecnologías Básicas, 12 de Tecnologías Aplicadas y 7 espacios curriculares complementarios), además de las asignaturas optativas e idiomas. La matrícula actual estimada es de 1100 estudiantes.

Comenzamos el desarrollo presentando algunos antecedentes que enmarcan el trayecto de la Facultad de Ingeniería en procesos de Educación a Distancia.

1.1 Breves antecedentes

En las últimas décadas se ha venido gestando transformaciones en la educación superior ligadas a la modalidad de educación a distancia y al desarrollo de sus componentes. La reglamentación Nacional Res. N°2642/17 [3], en cuyos artículos y anexos se explicitan la conceptualización y los lineamientos de la modalidad, concretamente define la educación a distancia como *la opción pedagógica y didáctica donde la relación docente-alumno se encuentra separada en el tiempo y/o en el espacio, durante todo o gran parte del proceso educativo, en el marco de una estrategia pedagógica integral que utiliza soportes materiales y recursos tecnológicos, tecnologías de la*

información y la comunicación, diseñados especialmente para que los/as alumnos/as alcancen los objetivos de la propuesta educativa. En esta dirección en la UNCuyo se han gestado diversos programas académicos en las últimas dos décadas, contando con el aval explícito en el *Plan Estratégico 2021* “fortalecimiento y diversificación de la modalidad a distancia y promoción del uso de las tecnologías de las información y la comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto en los ámbitos educativos presenciales como virtuales” (PE 2021, Ob.II, L12, p.5)) [4]. Además la aprobación del Sistema Institucional de Educación a Distancia [5] por la Secretaría de Políticas Universitarias, establece un marco formal institucional no solo para la creación de cursos y carreras en la modalidad de educación a distancia, sino también en la implementación de trayectos a distancia, en este caso concreto la conceptualización de las dimensiones a contemplar y aplicar en las evaluaciones.

En tanto que la evaluación de saberes en sí misma, se enmarca en debates no solo institucionales, sino políticos y sociales, dada la complejidad que implican las instancias de evaluación y acreditación de saberes. Distintos actores de la UNCuyo, debatieron hace una década, conceptos y lineamientos políticos y estratégicos, entendiendo la evaluación como un *proceso de construcción colectiva* que requiere la interrelación de todos los docentes, que permita a través de la conformación de comunidades académicas, lograr acuerdos básicos que se conviertan en el punto de partida para la diversidad. Se plasmaron las normas y pautas de la evaluación de los aprendizajes, que rigen a los espacios curriculares y cursos de las diversas carreras de la Universidad Nacional de Cuyo, sean estos con modalidad presencial o semipresencial; así mismo, el sistema de calificación, los regímenes de acreditación, los instrumentos y los lineamientos pedagógicos.

La evaluación tiene que ser trabajada desde la conciencia y la práctica de todos los actores de la institución, para lo cual se requiere la vinculación y la participación de los profesores, en un proyecto académico construido desde los saberes científico disciplinares y profesionales. La cultura de la evaluación requiere transformarse, lo que implica una re conceptualización de la participación, es decir, recoger las experiencias, los supuestos y los conocimientos de todos los actores [2].

En este marco la Facultad de Ingeniería viene trabajando sostenidamente en procesos de capacitación docente y en la implementación de proyectos de digitalización de espacios curriculares, legitimando la inclusión de virtualidad como recursos de apoyo al dictado presencial o en propuestas que no superan el 30% de dictado a distancia en el Plan de Estudios de la Carrera. En la última década se observa un crecimiento importante en el desarrollo de espacios virtuales, invirtiendo en la prestación de tecnologías de información y comunicaciones, como servidores y la instalación de la Plataforma Moodle; completándose la inserción paulatina, pero acelerada de la mayoría de las asignaturas en este sistema, durante el primer semestre de este año, en pleno contexto de pandemia. En cuanto a instancias de evaluación, son escasos los espacios curriculares iniciaron en los últimos dos años procesos de evaluación a distancia; sin embargo se ha tratado de espacios curriculares con trayectoria de desarrollo virtual y capacitación del equipo docente.

1.2. Inserción del Marco Actual

En una nota periodística publicada en el Diario La Nación de Argentina, en mayo del año pasado, el experto en Educación Superior y de la Educación a Distancia en América Latina Claudio Rama, nos presentaba un panorama ineludible “Aunque vislumbra un futuro educativo “100% digital y a distancia”, admite que “se podrá discutir que la ópera y el ballet son más presenciales que la radio y la televisión”, pero que una de las claves para superar “las monstruosas tasas de deserción que hoy tiene la universidad, la educación virtual y a distancia será fundamental porque ayudará a democratizar las competencias y habilidades”, “ya hay 2,7 millones de estudiantes a distancia, si no fuera por esta modalidad”, recordó que el “76% de los hogares del mundo tienen internet”, hizo hincapié en que “lo virtual ayuda a democratizar las competencias” y sostuvo que “este es un mundo que recién se nos abre y empezamos a verlo” [6]; tal cual se hubiera imaginado el contexto actual, en el que nos encontramos realizando el proceso educativo a distancia, o mejor dicho 100% digital. Un primer recorrido en la urgencia permitió iniciar con el dictado de clases virtuales, y seguidamente sobrevino el planteo de cómo implementar las evaluaciones en este contexto, con el planteo de una serie de interrogantes que invadieron al claustro docente, y el de la comunidad educativa y académica en general: *¿qué metodología implementamos con el objeto de garantizar confiabilidad y practicidad al mismo tiempo? ¿La tecnología física, garantiza los soportes suficientes? ¿Los estudiantes tienen las capacidades necesarias y están en condiciones de responder con las exigencias requeridas?* Más allá de los interrogantes y de las normativas que nos respaldan, cabe destacar, que tanto actores y gestores institucionales, concuerdan en que “*estos procesos no se consideran plenamente en modalidad de educación a distancia, contemplados más bien como un paréntesis de procesos académicos y educativos en la virtualidad, que será necesario debatir y analizar con profundidad a posteriori, más concretamente el eje en discusión recae sobre la dimensión pedagógica y didáctica*”.

No obstante lo expuesto, este trabajo pretende explicitar, que la implementación en la Facultad de Ingeniería, no se ha desarrollado arbitrariamente, en desconocimiento del trayecto de la modalidad a distancia, del trabajo conjunto de sus características o sus reglamentaciones, sino adaptando y

adoptando lo necesario, en función de la necesidad de dar respuesta inmediata y continuidad al proceso educativo.

2. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA

Analizando el contexto resolutive la Ordenanza 108/2010-CS, se reconoce en la evaluación un proceso de recopilación de información a través de medios formales para emitir juicios valorativos que sirvan para la toma de decisiones, la misma debe estar orientada a la comprensión del acto educativo para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza del docente. Sólo puede actuar al servicio del conocimiento, del aprendizaje y de los intereses formativos a los que esencialmente sirve, cuando se la convierte en actividad de conocimiento y en acto de aprendizaje. Se entrecruzan distintos discursos que implican toma de decisión y uso, desde la ética y la política, desde lo técnico que atiende a la modalidad y la forma y un discurso académico en relación a la acreditación de los saberes. Desde la concepción pedagógica la evaluación es una instancia que se integra a los demás aspectos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. "Las concepciones que se tengan acerca del conocimiento, la enseñanza, el aprendizaje, constituyen marcos referenciales epistemológicos y didácticos que, juntamente con criterios ideológico-educativos y consideraciones acerca del contexto en que se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje, actúan a modo de parámetros que guían la reflexión y orientan las interpretaciones" (Anexo I, apartado 2).

En el Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Industrial, se especifica que las asignaturas serán evaluadas de acuerdo al *proceso de evaluación continua con integración de los conocimientos y habilidades adquiridas* (a propuesta del profesor Titular de cada Cátedra con el acuerdo de la Dirección de la Carrera) y/o mediante *examen final integrador*, asegurándose de lograr un nivel de aprendizaje que asegure la adquisición de competencias para el buen desempeño futuro del ingeniero en la actividad pública o privada donde le toque ejercer [7]

En este sentido, en coherencia al marco resolutive, se define el protocolo para exámenes finales a distancia -Resolución N° 045/2020-FI [8]. -ad referéndum, cuyas pautas establecen las acciones previas al examen final (inscripción, anulación, *elaboración del protocolo específico de examen*, envío de información a docentes y a otros actores involucrados, así como instancias de comunicación con el alumnado previas al examen), las acciones durante el examen final (momento inicial, de desarrollo y cierre aplicando el protocolo específico) y las acciones posteriores de comunicación de los resultados.

2.1 Funciones de la evaluación

La evaluación define dos funciones primordiales, una de carácter social, de selección, calificación y orientación al grupo de estudiantes, que apunta a informar el progreso de los aprendizajes a los estudiantes, a las familias y a la sociedad y determinar cuáles de ellos han adquirido los conocimientos y destrezas necesarios para otorgar la certificación que la sociedad reclama al sistema educativo. La otra función es de carácter pedagógico, de regulación de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, es decir, de reconocimiento de los cambios que deben introducirse en este proceso a fin de que cada estudiante aprenda de forma significativa. [2] "La evaluación Formadora: el alumnado aprende durante el proceso de evaluación; Reguladora: permite mejorar cuestiones referentes al proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto para el alumnado como para el profesorado; Pedagógica: permite conocer el progreso del alumnado; Comunicadora: se produce un feedback entre alumnado-profesorado, profesorado-profesorado y alumnado-alumnado; Ambientadora: crea un ambiente escolar determinado; así mismo la función de la calificación es calificadora, selectiva, comparativa y de control [9].

2.2. Criterios y decisiones para la evaluación

Los criterios son las pautas o normas que los docentes tienen en cuenta para la formulación del juicio de evaluación y que fundamentan las decisiones tomadas. Permiten clarificar lo que es importante en la instancia de evaluación ya que son orientadores y guías para todos los involucrados en el proceso educativo. Es importante que se conozcan de antemano. El criterio alude a la "forma" de certificar o calificar los resultados, tanto a nivel de proceso como de producto, expresándose de alguna manera en forma cualitativa a través de evidencias o vivencias de aprendizaje. En este sentido, el docente responsable del espacio curricular debe formular con anterioridad las pautas del examen, explicitado en el diseño curricular e informado con suficiente antelación a los destinatarios de la misma.

Los **criterios** cumplen el papel de orientación y guía para quienes están involucrados en el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje y sirven de base para emitir el juicio evaluativo. Entre los criterios que se consideran respecto de las respuestas de los alumnos en el proceso evaluativo son: la exactitud (en los cálculos); la coherencia (en lo que se expresa en forma oral o escrita); la consistencia u organicidad (en el tratamiento o análisis de algún tema); la organización lógica (de los contenidos desarrollados); la suficiencia (en los argumentos que se aportan); la relevancia (de los antecedentes o de la información seleccionada); la pertinencia (de las hipótesis formuladas, de las fuentes de información consultadas, de las categorías de análisis

utilizadas); la claridad (en el uso del lenguaje, de los juicios de valor, etc.); la precisión (en el empleo del vocabulario o léxico específico de la disciplina); la exhaustividad (en la selección de los posibles argumentos que fundamenten alguna posición, en el análisis de un caso); la calidad (de lo producido): este criterio requiere de una apertura de especificidad acorde con el tipo de producción de que se trate; la adecuación del registro lingüístico utilizado; etc. Los criterios de evaluación deben estar articulados pertinentemente con las metodologías de trabajo para el desarrollo de los contenidos (conceptuales, procedimentales, actitudinales) que se implementen en el espacio curricular o curso. En síntesis, los criterios representan aspectos o "formas de mirar" las realizaciones de los estudiantes y permiten fundamentar los juicios de evaluación [2].

2.2.1 El diseño de la evaluación e instrumentación de las evaluaciones

El diseño de distintos formatos de exámenes en concordancia a lo disciplinar y a los objetivos evaluables, persiguen pautas de selección adecuada, conforme a los criterios previos optados para el juicio valorativo. En relación con los instrumentos de evaluación, se establecieron como posibilidades para su confección y aplicación los exámenes escritos, orales y escritos y orales. El examen (escrito, oral, mixto) debe estar diseñado de manera tal que permita apreciar en síntesis el aprendizaje logrado por el alumno a lo largo de todo el curso, debiendo poseer las características de validez, pertinencia y consistencia.

La instrumentación efectiva de las pruebas escritas se diseñan como estructuradas, semiestructuradas, de ensayo o no estructuradas; los trabajos escritos constan de informes, resolución de problemas, monografías, proyectos. Las instancias orales, pueden ser individuales o grupales, con la inclusión de ejercicios prácticos, el análisis de casos o problemas, la ejecución de tareas simuladas con la utilización de un software o una pizarra compartida en tiempo real. Estas instancias se desarrollan mediante sistema de videoconferencia.

Cabe destacar que el diseño de las instancias evaluativas incluyó la combinación de distintos formatos y momentos de examen, promoviendo fortalecer la confiabilidad y practicidad del examen.

3. UNIDADES DE ANÁLISIS QUE CONDICIONAN LA EFECTIVA IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN NO PRESENCIAL.

Consideramos oportuno en este apartado describir cómo se organiza el esquema general de organización para la implementación, con el objeto de aprender en la toma de decisiones y ajustar la propuesta a futuro. Se proponen como unidades de análisis y algunos indicadores para estas instancias de evaluación no presencial a modo de observar bondades y dificultades en la implementación integral: *a) la gestión académica y administrativa, b) las capacidades del cuerpo docente necesarias c) las capacidades del alumnado, d) la capacidad mínima tecnológica requerida.* Estas dimensiones forman un todo que deben coexistir equilibradamente en los procesos de evaluación de las propuestas a distancia, en este caso, tendientes a garantizar el proceso de efectividad y confiabilidad en los exámenes finales.

3.1. Gestión académica y administrativa

Los procedimientos de gestión académica resultan el eje vertebrador para la implementación del proceso evaluativo, regulando los aspectos de la evaluación, desde los marcos políticos y estratégicos, consistentes y coherentes con la toma de decisiones, de allí la elaboración de los protocolos marco para pasar de la implementación en la modalidad presencial a la modalidad a distancia, y la coordinación de una articulación permanente entre todos los sectores y actores involucrados.

Algunos indicadores propuestos para esta dimensión destacados son: *el establecimiento de mecanismos de comunicación entre los distintos sectores y actores; la especificación de cronogramas y pautas de implementación y la elaboración de informes pertinentes en la evaluación de la propuesta.* Este último indicador permitirá compartir un aprendizaje de y para la comunidad académica, así como regular mejoras en nuevas implementaciones.

3.2 Competencias del Cuerpo docente

3.2.1 Formación y capacitación en la modalidad a distancia

La primera estrategia a implementar a modo de poner en valor las competencias del cuerpo docente es la información y la formación para el abordaje de la evaluación. Alrededor de cien (100) docentes, han participado de diversas instancias de formación y asesoramiento implementadas desde MYTE, mediante encuentros en línea, de los más de cuarenta (44) docentes son de la carrera de industrial. Estos encuentros se abordan desde la practicidad y la construcción de las necesidades específicas planteadas por los propios docentes. Los temas abordados incluyen un espacio de materiales de cómo diseñar un espacio curricular en la plataforma virtual, visibilización de las potencialidades de la herramienta de videoconferencia BigBlueButton (BBB), recurso embebido en la plataforma, el abordaje de los espacios de comunicación con los alumnos, como foros y mensajería y fundamentalmente cómo diseñar la evaluación a partir de una propuesta didáctica pensada desde los disciplinar, aunque lo más preocupante para el claustro docente, se focalizan en las consultas

de cómo aplicar el protocolo para que la evaluación responda a criterios de practicidad y confiabilidad.

Se destaca en este apartado, el potencial desarrollado por los profesionales docentes, en instancias previas de formación, de las más recientes, se menciona la participación de docentes en los Proyectos de Digitalización 2017-2018; consistentes en cursos de capacitación organizados desde el rectorado, y en numerosos cursos organizados institucionalmente en la última década, entre ellas las capacitaciones específicas para la implementación de instancias evaluativas por parte del profesorado, desde la emisión de la ordenanza 108-CS.

En la siguiente Figura 1, puede observarse cómo evolucionó la participación en la formación docente en relación a la urgencia de las actividades virtuales. Primero visualizamos que se destaca en la Carrera de Industrial una mayor participación de profesores, se observa que el 44% de los docentes pertenecen al claustro de industrial; y en relación a los últimos dos años en capacitaciones específicas de la facultad, en promedio un 15% de docentes se involucró en instancias de formación relacionadas a la modalidad a distancia.

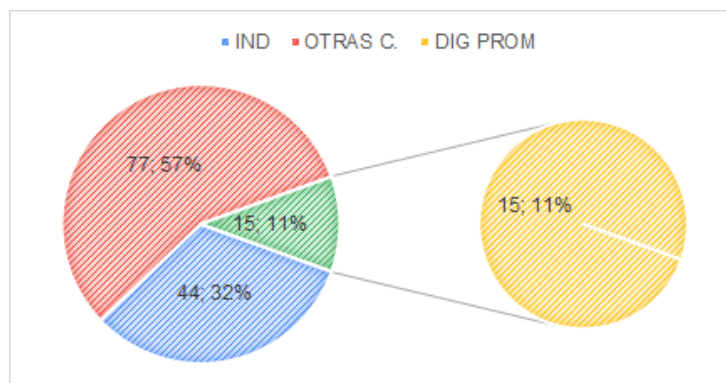


Figura 1 Participación docente en instancias de formación a distancia

3.2. Competencias del alumnado

Es de primordial importancia poner de manifiesto, en este punto, el desarrollo de competencias que posea el alumnado, entre ellas las competencias denominadas competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales, definidas en el Libro Rojo de CONFEDI [10], que son independientes de la modalidad de cursado o de evaluación, pero que en la modalidad de evaluación a distancia, quedaron al descubierto, al menos las primeras cuatro de las cinco que se han plasmado:

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo,
- Comunicarse con efectividad,
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global,
- Aprender en forma continua y autónoma,
- Actuar con espíritu emprendedor.

Siguiendo esta línea, definimos desde los aportes definidos en el SIED UNCuyo, que el alumno/a competente digitalmente para afrontar los exámenes debe poseer o incorporar habilidades y capacidades en el marco de lo: a) *Instrumental*, b) *cognitivo*, c) *axiológico*, d) *emocional*. Estos indicadores son los considerados para ser un alumno a distancia.

- a) *Instrumental*: la implicancia del dominio técnico de cada tecnología por parte del alumnado - el saber usar medios audiovisuales y herramientas digitales como navegadores, imágenes, textos-, se puso de manifiesto en las instancias evaluativas. Desde hace más de una década el Ingreso a la Facultad se desarrolla con la apoyatura de recursos virtuales, incluyendo instancias de acompañamiento del acceso a información y un curso de orientación al estudiante, esto sin duda y el hecho de que asignaturas de Ciencias Básicas, han implementado trayectos y cursos de apoyo virtuales en sus asignaturas, contribuye notablemente, en el dominio de estos recursos.
- b) *Cognitivo*: el dominio cognitivo durante el proceso de evaluación, utilizando los recursos digitales, exigió al alumnado la adopción de los recursos necesarios, pero fundamentalmente la visualización efectiva de los criterios desarrollados en el apartado 2.2.
- c) *Axiológico*: este parámetro representa los valores éticos, respetuosos y críticos del uso tecnológico, son ejes rectores para el alumnado de ingeniería, dado el impacto social y cultural que representa en el futuro de desempeño profesional, y puestos en valor en las mesas de exámenes a modalidad a distancia.
- d) *Emocional*: es un punto álgido para los estudiantes, de mucha carga emocional, considerando que la distancia física y muchas veces las reglas de juego dependientes de la tecnología, en forma muy simplificada, compartimos que el análisis del impacto emocional de la virtualidad, por el momento, mencionamos la importancia del trabajo realizado por el SAPOE Servicio de Apoyo Pedagógico y Orientación al Estudiante, cuyas actividades en la virtualidad respondieron

de inmediato con un espacio en línea, con recursos para los estudiantes y la comunicación directa por WhatsApp.

3.4. Gestión Tecnológica

La gestión de la tecnología está a cargo de la Dirección de Informática y Comunicaciones, administrando la infraestructura tecnológica de los servidores y aplicaciones de software que dan el soporte físico de las actividades de gestión, administración, comunicación y las propias del acto educativo.

3.4.1 Infraestructura de soporte académico

La Facultad cuenta con la Plataforma LMS Moodle Versión 3.6.9. El sistema es gestionado conjuntamente entre la Dirección de TIC y la Dirección de MYTE. La Dirección de TIC, es responsable de la actualización de software como de hardware, la configuración de red y administración de recursos de internet, en cuanto a conectividad, cuyo objetivo es garantizar los recursos desde lo físico propiamente dicho y la Dirección de MYTE, gestiona los aspectos académicos, administrativos y de implementación de los procesos educativos en la plataforma.

Aula Abierta, se organiza en categorías de Carreras de Grado, Posgrado, Cursos de Extensión, Cursos de Inglés y acceso a áreas de gestión específicas. Se dispuso de un espacio exclusivo de acceso al equipo de docentes, administrando materiales y tutoriales, con el objetivo de facilitar la construcción de los espacios curriculares que inician la virtualidad, así como se cuenta con un espacio específico para el alumnado, con información general, de acceso y auto matriculación. Cabe destacar que de manera conjunta se crea un espacio de apoyo y orientación al estudiante, coordinado por el Servicio de Orientación y Apoyo al Estudiante.

En cuanto a los recursos de Internet, los mismos son gestionados por la UNCuyo, que distribuye a las Unidades Académicas el servicio, y a su vez desde la Dirección de TIC, dispone de recursos de medición y autogestión de priorización de los mismos, en este caso resulta muy útil la priorización de los servicios durante las mesas de exámenes. Cabe mencionar que los servicios y recursos de Aula Abierta están protegidos por los derechos Creative Commons.

En este apartado mencionamos que en el presente ciclo lectivo se dispone del 100 % de los espacios curriculares del primer semestre y anuales en Aula Abierta, con distintos grados de avance, desde sólo repositorios de información hasta asignaturas con un elevado desarrollo curricular, fruto de varios años de apostar a la digitalización de dichos espacios curriculares; en relación al ciclo lectivo 2019, a esta misma altura, se tenía un 30 % de las asignaturas de la carrera en el campus virtual, y más del 40% de esos espacios virtuales permanecían con actividades mínimas o sin actividad.

3.4.2 Sistema de gestión de usuarios

Los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, poseen identidad en Aula Abierta, y a partir de marzo del presente año, se habilitaron distintos métodos de matriculación, resultado muy práctica y efectiva la *auto-matriculación* a los espacios virtuales, con un muy alto grado de respuesta por parte del alumnado, optimizando así el inicio de actividades de dictado de clases y consultas. A su vez, desde el servicio de MYTE o incluso con el perfil de profesor se puede realizar una matriculación manual de los estudiantes que lo requieran, con la correspondiente verificación de la efectiva matriculación en el Sistema de Gestión de Alumnos. Puntualmente para los llamados a mesas de exámenes, se matricula o ratifica la auto-matriculación, a partir de los listados oficiales de inscripción a las mesas.

Este sistema ha funcionado muy efectivamente, minimizando los errores o problemas de inscripción del alumnado a un porcentaje casi despreciable, en relación a la matrícula de la Facultad.

4. RESULTADOS: BONDADES Y DIFICULTADES

Los siguientes resultados corresponden a un análisis cuantitativo y cualitativo de dos llamados de mesas especiales en los turnos de mayo y junio, respectivamente y se presentan comparativamente en correlato del ciclo lectivo 2020 con los mismos llamados del ciclo lectivo 2019. La información es extraída del informe elaborado por Secretaría Académica y con la participación activa del servicio MYTE en los llamados, dando procesos de sustentación y acompañamiento didáctico a los profesores en el diseño y uso de los recursos de la plataforma Moodle y de los servicios optados de videoconferencias.

4.1 Adecuación de los tipos, metodología de exámenes

Cada equipo docente, encabezado por el titular o responsable del espacio curricular, diseña las pautas del examen mediante un protocolo, el que es comunicado a las direcciones de carrera y al alumnado con debida antelación. La prioridad que los equipos docentes pusieron de manifiesto ha sido el de garantizar la confiabilidad del examen, libre de plagio, sin perder el horizonte de evaluar el logro de los aprendizajes. Las evaluaciones en los dos llamados que referencia este trabajo, se contextualizan en los niveles de Tecnologías Básicas y Tecnologías Aplicadas. Los docentes organizaron instancias de evaluación en distintos momentos o instancias, por ejemplo un primer momento de cuestionarios estructurados o semiestructurados, un segundo momento con la

propuesta de un desarrollo integrador de teoría y práctica, y una instancia final de coloquio oral. En el nivel de tecnologías aplicadas y superiores, la metodología optada en general son los orales, con formato individual e incluso grupal. En todos los casos el protocolo establece el video y sonido encendidos, tanto de estudiantes como de profesores.

Los resultados estadísticos de los exámenes comparados con la evaluación presencial, que se muestran en el apartado correspondiente, muestran un correlato similar; entendiendo que el proceso de enseñanza y aprendizaje “no es a distancia”, la metodología implementada puede comprenderse como integral, muy similar a la evaluación presencial, con un plus de innovación tecnológica.

4.2 Respuesta a la convocatoria e inscripciones

Conforme al primer llamado realizado de mesas especiales en mayo, se convoca a evaluar en instancia de examen final a espacios curriculares de todas las carreras, cuyos Docentes Responsables declararon poder evaluar en modalidad no presencial, cumpliendo con la Resolución N° 45/2020-FI, ad referéndum y con la Ordenanza de evaluación N°108-2020-CS; participando de la convocatoria 62 asignaturas -Resolución 47/2020-FI, ad referéndum-. De este porcentaje 18 asignaturas corresponden a la Carrera de Ingeniería Industrial.

En la convocatoria realizada en el segundo llamado -Resolución 61/2020-FI, ad referéndum, se presentaron 96 asignaturas, de las cuales 23 asignaturas corresponden a la Carrera de Ingeniería Industrial.

La matrícula de inscriptos en estos llamados especiales, y en ambos ciclos académicos, respecto a la matrícula total de la carrera no ha variado significativamente en el primer llamado, mientras en el ciclo lectivo 2019 se inscribió el 9% de la matrícula total (99 de 1070), en el actual ciclo 2020, en un contexto de modalidad a distancia se inscribió el 5% de la matrícula total. En relación a la matrícula total de Facultad de Ingeniería, en el segundo llamado aumentó en 2020 respecto de lo ocurrido en 2019. Mientras en el ciclo lectivo 2019 se inscribió el 5% de la matrícula total (130 en 2417), en el actual ciclo 2020, en un contexto de modalidad a distancia se inscribió el 8% de la matrícula total (197 en 2500). El número de alumnos es 50% superior a los 130 alumnos inscriptos en el llamado equivalente del ciclo lectivo 2019.

4.3 Cuantificación de datos

Con respecto a los alumnos que han aprobado en el primer llamado, en el presente ciclo lectivo 2020, el porcentaje de alumnos que aprobaron sus exámenes finales, respecto al número total de inscriptos en promedio de todas las carreras, alcanzó el 77%. En el llamado equivalente del ciclo lectivo 2019, fue de 72%. En el segundo llamado especial, en el presente ciclo lectivo, el porcentaje de alumnos que aprobaron sus exámenes finales, respecto al número total de inscriptos, alcanzó el 79 %, mientras que fue 74% en el ciclo lectivo 2019.

El resultado medido como porcentaje de alumnos que aprobaron sus exámenes finales respecto a la matrícula de la carrera es menor al 10%, tanto en el ciclo lectivo 2019 como en el 2020, el porcentaje de aprobados aumentó del 5% en el ciclo lectivo 2019, al 7% en el presente ciclo lectivo 2020.

El resultado global del conjunto de Mesas Especiales del primer llamado en el actual ciclo lectivo 2020 ha sido similar en cuanto a resultados globales cuantitativos al del llamado equivalente del ciclo lectivo 2019, mientras que en el segundo llamado ha habido un aumento de inscriptos, que se correlaciona con el porcentaje de aprobados.

Se destaca que en el caso de estudiantes de Ingeniería Industrial el número de inscriptos en el ciclo 2020 (138) prácticamente duplicó su valor (70) en el ciclo 2019.

La Figura 2 muestra una comparación de respuesta de asignaturas de Ingeniería Industrial con respecto a las demás carreras (cinco) de la Facultad de Ingeniería. Evidencia ser una de las carreras con más participación.

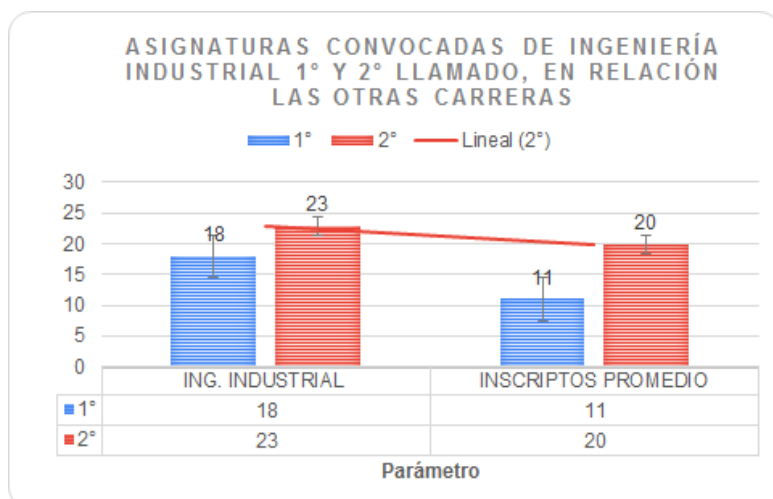


Figura 2 Respuesta de convocatoria a mesas de exámenes (1^{ro.} y 2^{do.} Llamado)

A continuación en la Tabla 1 se transcribe la participación de estudiantes en ambos llamados del presente ciclo lectivo. Se observa gráficamente en la Figura 3.

Tabla 1: datos comparativos ciclo 2020

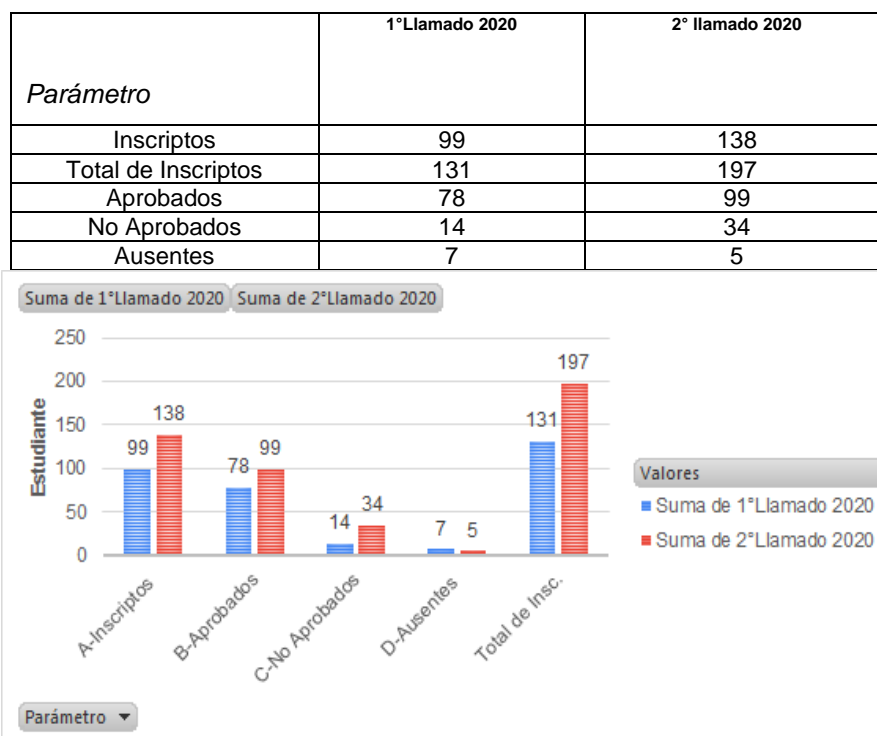


Figura 3 Resultado comparado de los dos llamados ciclo 2020

Finalmente en las tablas a continuación comparamos de cada llamado, la relación existente en ambos ciclos lectivos de cantidad de inscriptos, aprobados, desaprobados, ausentes; en relación al total de inscriptos de todas las carreras y al total de matrícula.

En el primer llamado, notamos que la participación de estudiantes es baja respecto a la matrícula total, pero es significativa respecto al total de inscriptos de las demás carreras. La relación ha amentado en más de un punto en todos los parámetros, con excepción del total de inscriptos que ha sido menor este año. En el segundo llamado esta relación sigue la tendencia, variando el total de inscriptos a mesas.

Tabla 2: datos comparativos de ambos ciclos lectivos (1° llamado)

Parámetro	1° Llamado 2019	1° Llamado 2020	Relación
A-Inscriptos	66	99	1,50
B-Aprobados	53	78	1,47
C-No Aprobados	11	14	1,27
D-Ausentes	2	7	3,50
Total de Inscriptos	152	131	0,86
Total Matrícula	1070	1100	1,03

Tabla 3: datos comparativos de ambos ciclos lectivos (2° llamado)

Parámetro	2° Llamado 2019	2° Llamado 2020	Relación
A-Inscriptos	70	138	1,97
B-Aprobados	56	99	1,77
C-No Aprobados	13	34	2,62
D-Ausentes	1	5	5,00
Total de Inscriptos	130	197	1,52
Total Matrícula	1070	1100	1,03

4.4 Bondades y Dificultades

Claramente la evaluación a distancia presenta bondades y dificultades, que podemos evidenciar en esta experiencia de las evaluaciones no presenciales. Si revisamos las dimensiones de análisis propuestas, entendemos que representan fortalezas: un sólido marco de referencia normativo; la rápida organización de un esquema transversal de información comunicaciones entre los distintos actores de gestión administrativa, técnica y académica; y entre los actores del proceso evaluativo en sí, docentes y estudiantes; un trayecto de formación previa y durante los procesos de evaluación de gran parte del cuerpo docente; el fortalecimiento de recursos y espacios en línea de contención pedagógica y emocional para los estudiantes y no menor el soporte de las TIC, tanto de software como hardware lo más actualizada posible, para brindar un abanico de opciones que legitimen los momentos de evaluación de exámenes escritos orales o mixtos.

Otro indicador importante de valoración positiva, es la notación de un proceso más autónomo y autorregulado por parte de los estudiantes, lo que permitió comprobar capacidades logradas y otras probadas o aprendidas en el propio proceso, como la expresividad y lenguaje, la presentación personal o del espacio físico, a través de la virtualidad.

Si bien podemos apreciar necesidades de mejoras sobre lo ya experimentado de implementación del proceso y la relación de comunicación de sus actores, comprendemos que el foco de las dificultades hacen a lo que queda en la trastienda, de quienes por ejemplo, no accedieron a las evaluaciones y cuyas situaciones tienen que ver con capacidades no desarrolladas o con brechas emocionales, sociales y digitales que aún no hemos podido detectar; entre ellos los problemas familiares que se han presentado a partir de la pandemia, las limitaciones personales en cuanto a disponibilidad de recursos tecnológicos, las limitantes de conectividad individuales y regionales, que se han visto más exigidas por la demanda actual de home-office y el uso intenso de las TIC de los integrantes de un contexto familiar, entre otros factores.

Podemos añadir además en este punto y en relación a las competencias docentes para la virtualidad, que aunque el resultado ha demostrado que el cuerpo docente ha puesto en acción conocimientos previos y ha innovado lo más posible, fruto de un gran esfuerzo y presión, aún es un punto de vertebración que requiere de procesos en la mediación pedagógica y didáctica del acto completo e integral educativo de enseñanza- aprendizaje y evaluación.

5. CONCLUSIONES

De los resultados analizados tanto cuantitativos como cualitativos compartimos algunas reflexiones y conclusiones.

Se puede afirmar que el porcentaje de inscriptos en mesas de exámenes especiales, con relación a la matrícula total de Facultad de Ingeniería, no ha cambiado significativamente entre el ciclo lectivo 2019 y el actual ciclo 2020. El impacto de los llamados de mesas especiales es bajo considerando los inscriptos con relación a la población de estudiantes de Facultad de Ingeniería, sin distinción del tipo de modalidad, siendo entre el 5% y 8% de la matrícula total de la Facultad.

En relación a la síntesis de los resultados académicos de las experiencias de evaluaciones no presenciales en correlato con las evaluaciones presenciales del mismo tenor disciplinar y del mismo llamado, se mantienen similitudes globales de inscriptos, aprobados y desaprobados, con más participación de docentes y de estudiantes en las convocatorias de Industrial, que de las otras carreras y se observa una tendencia en aumento de participación en los llamados a distancia.

Con respecto a los criterios que se consideran respecto de las respuestas de los alumnos en el proceso evaluativo, que impactan desde las propuestas metodológicas y de instrumentalización de las evaluaciones, consideramos que el profesorado ha respondido competentemente en la toma de decisiones abordadas para el diseño de evaluaciones válidas, confiables y prácticas; en este sentido se destaca un amplio marco de formación en el recorrido institucional, como los desarrollados en relación a la vigente Ordenanza 108-CS/2012 y los otros procesos continuos de formación del profesorado, entendiéndolo que un docente con el recorrido mencionado, puede afrontar con mejor amplitud, actitud y capacidad la evaluación a distancia. Sin embargo aún es un punto álgido la profundización en instancias de mediación pedagógica y didáctica del acto integral educativo.

Finalmente podemos concluir que la experiencia deja un buen camino inicial recorrido, que debe ser profundizado y canalizado en mejoras continuas integrales, incluyendo instancias de aprendizaje en comunidad y vislumbrando la consolidación y convivencia de presencialidad y virtualidad un futuro inmediato y mediato de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Compartimos a modo de cierre, la voz de los profesores, “los exámenes resultaron un éxito, considerando, que es muy difícil que un estudiante copie, cuando el desarrollo de consignas requiere de interpretación, reflexión, aplicación y síntesis de una temática”.

6. REFERENCIAS.

- [1] Universidad Nacional de Cuyo (2020). *Ordenanza 01-2020 CS*. Aprueba las medidas y recomendaciones académicas que regulan las clases y evaluaciones y registración

- académica de las Carreras de Pre-grado y Grado de la Universidad Nacional de Cuyo, a partir de la suspensión de actividades presenciales en el contexto de aislamiento preventivo y obligatorio
- [2] Ordenanza 108-CS de 2010 [Universidad Nacional de Cuyo] *Ordena las normas y pautas de la Evaluación de los Aprendizajes, en modalidad presencial y semipresencial, en espacios curriculares y cursos de las carreras de la UNCuyo*
- [3] Resolución Ministerial N°2642/17-E. Ministerio de Educación y Deportes
- [4] Universidad Nacional de Cuyo (2020). Plan Estratégico 2021
- [5] Universidad Nacional de Cuyo (2018) Resolución N° 4280-RE - Aprueba el Sistema Institucional *de Educación a Distancia*.
- [6] Rama Vitale, Claudio (6 de mayo de 2019). La Educación a Distancia es una forma de libertad. *Diario La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/la-educacion-a-distancia-es-una-forma-de-libertad-nid2244735>
- [7] Ordenanza 110-CS de 2004 [Universidad Nacional de Cuyo]. *Ordena aprobar el Plan de Estudios de la Carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería. La Resolución N° 416/14 CONEAU. Reconocimiento Oficial y Validez Nacional del Título ante el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*
- [8] Resolución N° 045/2020-FI de abril de 2020. Adecuar las actividades académicas establecidas por el Calendario Académico, así como los requisitos administrativos para el ciclo lectivo 2020, con el objeto de ajustarse a las restricciones impuestas por aislamiento social, preventivo y obligatorio.
- [9] Hamodi, Carolina; López Pastor, Víctor Manuel; López Pastor Ana Teresa (2015). *Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior. Perfiles Educativos* | vol. XXXVII, núm. 147, 2015 | IISUE-UNAM.
- [10] CONFEDI (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república argentina “Libro Rojo de Confedi”. Consultado en [https://confedi.org.ar/publicaciones-confedi/#iLightbox\[gallery_image_1\]/3](https://confedi.org.ar/publicaciones-confedi/#iLightbox[gallery_image_1]/3)

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por la colaboración brindada, en su labor específica al Secretario Académico quien facilitó los informes cuantitativos y muy especialmente deseamos brindar un reconocimiento a los docentes y estudiantes, que son los verdaderos protagonistas de las experiencias.

Experiencias, reflexiones y oportunidades sobre educación no presencial en Ingeniería Industrial

Cerrano, Marta*; Gallegos, María Laura⁽¹⁾; Feraboli, Luis; Gallegos Hector⁽¹⁾; Risetto Miguel ⁽²⁾

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad nacional de Rosario
Pellegrini 250, Rosario, Santa Fe

mcerrano@fceia.unr.edu.ar; feraboli@fceia.unr.edu.ar,

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás
Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires

mgallegos@frsn.utn.edu.ar; hgallegos@frsn.utn.edu.ar

(2) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda
mrissetto@rec.edu.ar

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la revista **RADI N°17***

RESUMEN

Como consecuencia del súbito cese de actividades presenciales en la gestión educativa de la República Argentina, y más precisamente en el ámbito de la Educación Superior, acaecida en el marco de las medidas de aislamiento social preventivo y obligatorio dispuestas para contener la propagación de Covid-19, se desplegaron diversas estrategias y cambios de necesidad, con el objetivo de sostener la continuidad de la educación formal.

La situación descrita generó la inquietud de relevar experiencias acontecidas en la especialidad de Ingeniería Industrial en las diversas Unidades Académicas de la República Argentina. Para ello se utilizaron técnicas de recolección de datos primarios, mediante el diseño de un cuestionario semi-estructurado en formato electrónico, y enviado por la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI) a través de e-mails a los Directores de la Red. La Encuesta concentró información en 4 segmentos: Información General, Virtualidad, Evaluaciones, Red AACINI y Proyecciones.

Del relevamiento y análisis de los resultados emergen un conjunto de reflexiones que habilitan a analizar áreas de oportunidad de manera integrada y a diseñar nuevas herramientas de colaboración e implementación conjunta.

El aislamiento social, preventivo y obligatorio aceleró la digitalización en la educación, disparando importantes modificaciones en el quehacer diario universitario. Esta nueva realidad, supone a futuro un nuevo paradigma en Educación Superior, una didáctica mixta con alta presencia de herramientas TIC, que puede resolverse de diferentes maneras y de acuerdo al contexto regional, pero siempre de forma coordinada, sumando aportes de las unidades y funciones académicas. Se plantean propuestas superadoras, algunas más operativas y otras desde un plano más estratégico, focalizadas en resolver problemáticas comunes (recursos, infraestructura, estrategias de gestión u otras). Entre los posibles temas de interés se mencionan aquellos relacionados con la enseñanza, el ejercicio profesional, la investigación aplicada, vinculación, posgrados, u otros espacios propios de la Ingeniería Industrial. Por otra parte, generar innovaciones para el desarrollo de las carreras de ingeniería de Argentina de manera conjunta acercando el perfil de egreso al campo de la industria, la investigación, la tecnología, el desarrollo y los servicios en virtud de las distintas realidades locales y regionales. La ampliación y réplica hacia países hispanoparlantes se viabiliza y afirma como espacio posible de acciones potenciadoras a futuro.

En resumen, y luego de explorar y analizar las visiones compartidas, los aportes de medios e instancias de comunicación entre los actores del ámbito de la educación en ingeniería industrial, las alianzas y gestión de relaciones pluridisciplinarias para la tecnología e innovación, las estrategias para socializar y compartir experiencias que unan los saberes y su puesta en práctica ante situaciones de complejidad y cambio, contribuyen a una especialidad con visión holística e interdisciplinaria que integra el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

Palabras Claves: Educación no presencial, Educación Superior, Ingeniería Industrial, Gestión del Cambio

ABSTRACT

As a consequence of the sudden cessation of face-to-face activities in the educational management of the Argentine Republic, and more precisely in the field of Higher Education, which occurred within the framework of preventive and mandatory social isolation measures arranged to contain the spread of Covid-19, various strategies and changes of need were deployed, with the aim of sustaining the continuity of formal education.

The situation described generated the concern to reveal experiences that occurred in the specialty of Industrial Engineering in the various Academic Units of the Argentine Republic. For this, primary data collection techniques were used, through the design of a semi-structured questionnaire in electronic format, and sent by the Argentine Association of Industrial Engineering Careers (AACINI) through e-mails to the Directors of the Network. The Survey concentrated information in 4 segments: General Information, Virtuality, Evaluations, AACINI Network and Projections.

From the survey and analysis of the results, a set of reflections emerge that enable us to analyze areas of opportunity in an integrated way and to design new tools for collaboration and joint implementation.

The social, preventive and compulsory isolation accelerated the digitization in education, triggering important changes in the daily life of the university. This new reality, in the future, supposes a new paradigm in Higher Education, a mixed didactics with a high presence of ICT tools, which can be solved in different ways and according to the regional context, but always in a coordinated way, adding contributions from the units and functions academic. Overcoming proposals are proposed, some more operational and others from a more strategic plane, focused on solving common problems (resources, infrastructure, management strategies or others). Among the possible topics of interest are those related to teaching, professional practice, applied research, bonding, postgraduate courses, or other areas of Industrial Engineering. On the other hand, to jointly generate innovations for the development of engineering careers in Argentina, bringing the graduation profile closer to the field of industry, research, technology, development and services by virtue of the different local and regional realities. The expansion and replication to Spanish-speaking countries is made viable and affirmed as a possible space for future empowering actions.

In summary, and after exploring and analyzing the shared visions, the contributions of the media and instances of communication between the actors in the field of industrial engineering education, the alliances and management of multidisciplinary relationships for technology and innovation, the strategies to socialize and share experiences that unite knowledge and its implementation in situations of complexity and change, contribute to a specialty with a holistic and interdisciplinary vision that integrates the economic, social and environmental impact of its activity in the local and global context.

Keywords: non-classroom education, higher education, industrial engineering, change management

La Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Ingeniería”

*Matana, Dora Griselda, Mazzuca Pizetti Analia

*Facultad de Ingeniería Universidad Católica de Salta
Campo Castaños S/N
ingeniería@ucasal.edu.ar*

RESUMEN

El conocimiento e interpretación de los inconvenientes que surgieron en el aprendizaje de la Asignatura Química para Ingenieros I, del primer año de las Carreras de Ingeniería Civil, en Telecomunicaciones, Informática e Industrial de la Universidad Católica de Salta por el bajo rendimiento de los alumnos al finalizar el cursado de la misma; lleva a la necesidad de indagar sobre el tema a los fines de elaborar propuestas superadoras que redunden en una práctica de enseñanza acorde a los tiempos y necesidades de los alumnos por ello se propuso un proyecto sobre “El Aprendizaje de la Química en Ingeniería”, atendiendo a la importancia de aprovechar al máximo la curiosidad del joven ingresante, promoviendo la realización de estrategias metodológicas tendientes a despertar el interés y motivación por el aprendizaje de la Química.

Palabras claves: Enseñanza – aprendizaje- Ingeniería- creatividad- práctica

ABSTRACT

The knowledge and interpretation of the disadvantages that arose in the learning of the Chemical Subject for Engineers I, the first year of the Civil Engineering Careers, in Telecommunications, Computer Science and Industrial of the Catholic University of Salta for the low performance of the students at the end of the course of the same; leads to the need to investigate the subject in order to develop overcome proposals that result in a teaching practice according to the times and needs of students so a project on "The Learning of Chemistry in Engineering" is proposed, taking into account the importance of making the most of the curiosity of the young person, promoting the realization of methodological strategies aimed at awakening interest and motivation for learning.

Keywords: Teaching – learning- engineering- creativity- practice

1. INTRODUCCIÓN

Los alumnos Ingresantes a primer año de las Carreras de Ingeniería Civil, Industrial e Informática tienen dificultades en el aprendizaje de la Química

Diagnostico

En un análisis de evaluaciones diagnósticas realizadas a los alumnos ingresantes a Primer año de las Carreras de Ingeniería Civil, Industrial e Informática se detectó , la dificultad de los mismos para interpretar los contenidos de la asignatura Química esta dificultad, se traslada al cursado de la Asignatura Química para Ingenieros I, ya que el rendimiento del proceso de enseñanza aprendizaje, no fue óptimo durante los años 2017 -2018

También se realizó un análisis con los alumnos de Secundaria en la asignatura Química.

Entre las causas y manifestaciones del problema observado, pueden citarse:

- Carencia de un estilo de trabajo a través del cual los educandos puedan apropiarse de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- Necesidad de estructurar la enseñanza a partir de conocimientos previos, para que los alumnos logren un aprendizaje significativo.
- Falta de estrategias y /O metodologías de enseñanza adecuadas.
- La multiplicidad de procedimientos propios de las ciencias quedó reducido a la transmisión de un único método científico consistente en un conjunto de pasos perfectamente definidos y aplicarlos de modo mecánico.
- Desconexión y / o desconocimiento entre las instituciones de nivel Secundario y la Universidad.
- Carencia de un buen perfeccionamiento docente aplicable en las aulas de la Universidad
- Uso de recursos didácticos inadecuados
- Formación deficiente en Química de los docentes.

2. MARCO TEÓRICO

La enseñanza de la Química es en realidad una combinación de procesos y productos; los primeros consisten en actitudes y métodos de investigación, representan la actividad, el trabajo de las ciencias; los segundos indican los resultados, los grandes temas científicos, el conocimiento o contenidos.

Los productos de los procesos científicos, es decir los resultados de la actividad de investigación metódica, se constituyen en el cuerpo verificado, acumulado, y sistematizado de las ciencias. Los hechos, los conceptos, las generalizaciones son sometidos a constante verificación científica. y se transformarán en materia prima para ser utilizados en la búsqueda de esquemas conceptuales llamados teorías y leyes científicas.

La educación científica de los alumnos se logrará entendiendo como CIENCIA a tres de sus acepciones integradas y complementarias que son;

- a) Cuerpo conceptual de conocimientos, como sistema conceptual organizado de modo lógico.
- b) Modo de producción de conocimiento y
- c) Modalidad de vínculo con el saber y su producción

Las tres acepciones presentan a la ciencia como un cuerpo de conocimientos, conceptuales, procedimentales y actitudinales. Este cuerpo de conocimientos actúa como referente en el momento de elaborar el objeto a enseñar, esto es el momento de seleccionar los contenidos del conocimiento científico.

El conocimiento científico por lo tanto está constituido por un cuerpo de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales seleccionados a partir del cuerpo científico erudito.

Tomado como referente este conocimiento erudito se propone que los jóvenes a través de la enseñanza escolar lleguen a obtener una visión conceptual, procedimental y actitudinal coherente con la científica.

La enseñanza de las ciencias no debe estar dirigida a la construcción de estructuras cognoscitivas pues, tal como lo ha mostrado la psicología genética ellas se construyen espontáneamente en la interacción del sujeto con un medio social culturalmente organizado y sin que sea necesaria la intervención de la escuela.

En el marco de sus estructuras de pensamiento, los educandos pueden adquirir saberes amplios y profundos sobre el mundo que los rodea. Se trata, de lograr que construyan esquemas de conocimiento que les permitan adquirir una visión del mundo que supere los límites de su saber cotidiano y los acerque al conocimiento elaborado en la comunidad científica.

En el primer de estudio universitario, es posible ampliar y enriquecer o en el mejor de los casos, relativizar las ideas espontáneas de los jóvenes, de modo de lograr una aproximación a la ciencia escolar, todavía muy alejada de la ciencia de los científicos.

3. FUNDAMENTACIÓN

Es necesario aprovechar al máximo la curiosidad natural del joven brindándole experiencia a través de las cuales vayan afinando su percepción en lo que tengan oportunidad de manipular y de actuar con y frente a seres y hechos que involucra a la química, para poder así descubrir paulatinamente las relaciones existentes entre éstos y los que unen a ellos mismos con esa realidad.

En un contexto de crisis educativa se restringe aún más el poco espacio que se le otorga a la enseñanza de las Ciencias Naturales, específicamente a la Química, desde la sanción y aplicación de la Ley Nacional de Educación N° 26.606, ya que en las orientaciones de Secundario, solo en la de Ciencias Naturales se dicta química en de 2 do. A 5to. Año, en el resto de orientaciones en 2do. Año, y 3ro. A la falta de recursos didácticos y de equipamiento mínimo indispensable se suma la escasa formación que los docentes de secundario tienen en la disciplina.

Es muy difícil en este sentido, cumplir con el deber social de enseñar Ciencias Naturales y .complementariamente, respetar el derecho de los educandos a aprenderlas.

En la enseñanza de la química, en el Nivel Secundario, existe la tendencia a focalizar el estudio de la ciencia por la ciencia misma, presentando a los alumnos un conjunto de teorías y modelos que difícilmente son incorporados a su estructura de pensamiento, debido al alto nivel de abstracción exigido en su desarrollo. Por cierto que esto hace que los alumnos pierdan interés en la asignatura, llegando al fracaso escolar o al estudio memorístico de los temas., de allí que sea necesario cambiar el enfoque tradicional, volviendo a mostrarla como una de las Ciencias Naturales íntimamente relacionada con la Física y la Biología.

Los educadores, tenemos la posibilidad de articular propuestas e implementarlas en nuestro colegio o generando espacios colectivos de producción de conocimientos pedagógicos.

El trabajo intra e interinstitucional es, hoy, una condición necesaria para que podamos articular nuestras demandas y propuestas alternativas.

Este proyecto intenta comenzar a revertir el enfoque tradicional y abstracto de la enseñanza de la Química , a partir de temas puntuales, que llevarán a los alumnos a establecer relaciones entre los fundamentos teórico , las competencias y la vida cotidiana, ya que surge la necesidad de implementar estrategias metodológicas superadoras en el la enseñanza de Química para Ingenieros I , a los fines de lograr mejor rendimiento en los aprendizajes de los alumnos del que se registra en los años 2.018-2019

4. OBJETIVOS

Generales

- Lograr que Los alumnos de la asignatura Química para Ingenieros I , mejoren la adquisición y aplicación de saberes básicos de Química

Específicos

- Lograr que los alumnos de Química para Ingenieros I de Primer año de las Carreras de Ingeniería Civil, Industrial, Informática y Telecomunicaciones regularicen en un porcentaje entre el 80 y 90 %, la asignatura.

5. METAS

- Lograr que entre el 80 y el 90 % de los alumnos que cursan la Asignatura Química para Ingenieros I regularice la asignatura en el primer semestre del período lectivo 2.019

6. METODOLOGÍA

Se trata de un proyecto de investigación centrado en una metodología cualitativa, pero puedo decir que es un método combinado, porque propone la base para entender las relaciones estadísticas que se descubren a través de la interpretación de los cuantitativo, donde los métodos incluyen un conjunto de procedimientos para alcanzar un fin y pueden componerse de diferentes técnicas, tanto cualitativas como cuantitativas.

De esta manera convergen dentro del proyecto dos momentos:

1-Descriptivo

2-Interpretativo, en una permanente interacción entre la empírica y la teoría.

Estos dos momentos se presentan no como etapas terminales sino que se suceden, retroalimentan y vuelven a comenzar en el proceso metodológico.

El trabajo de investigación está dirigido a recabar información de Directivos, docentes de Química y Alumnos de Secundaria, y de docentes y alumnos de la Facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad Católica de Salta, de la Ciudad de Salta, Capital. De este modo se estudió:

- ❖ Grado de implementación de la normativa vigente con respecto al espacio Curricular “Química” en el Nivel Secundario
- ❖ Factores y variables que favorecen y obstaculizan su planificación, implementación e impacto.
 - Se describió las articulaciones y rupturas entre la legislación y la aplicación de las líneas de acción.
 - Se analiza las dinámicas de implementación mediante la identificación de: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
 - Se analiza el grado de cumplimiento en las líneas de acción implementadas, con relación a los objetivos que le asignan a la enseñanza de la Química en los Diseños Curriculares Jurisdiccionales
 - Se reconoce el aporte que significan a las prácticas pedagógicas.
 - Se analiza el impacto en los alumnos Ingresantes a primer año de las Carreras de Ingeniería
 - Se analiza el impacto de las estrategias metodológicas aplicadas en la enseñanza de la Química en el Primer semestre del Período Lectivo 2.019.
- Por lo tanto para la realización del presente trabajo de investigación se utilizó un enfoque evaluativo interpretativo, adhiriendo en un planteo metodológico centrado en el contexto de descubrimiento, se abordó el análisis de los discursos sobre la implementación de la enseñanza de la Química en el nivel Secundario y las posibilidades y rupturas con respecto a su aplicación desde la percepción y valoración de diferentes actores involucrados. De este modo se intentó buscar comprender e indagar los fundamentos que sustentan las prácticas de enseñanza de Química en el Nivel Secundario y su impacto en los alumnos que cursan Química para Ingenieros I de las Carreras de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta

Se analizó la organización y secuenciación de los contenidos del Área de Química y su transposición didáctica los aspectos y componente subyacentes a las mismas identificando procesos y acciones. A medida que se avanzó en el reconocimiento de las características propias del fenómeno en estudio el trabajo se volverá cada vez más focalizado durante el proceso de investigación y progresivamente se fue ajustando el enfoque en preguntas específicas acorde a los emergentes en el proceso de indagación; de este modo la teoría utilizada en el marco teórico orientó el proceso de indagación, centrando la importancia en descubrir categorías. De este modo se favorece el cuestionamiento permanente sobre el objeto de estudio, a partir de los supuestos que guían el trabajo.

La decisión de centrar la indagación en el contexto de descubrimiento se toma en función de que no hay producciones desarrolladas, sobre la enseñanza de la Química en la provincia de Salta. Este trabajo se centró en dos niveles de análisis el primero a nivel de normativas vigentes, así como su planificación y por otro desde su implementación. Se aproximó desde la conceptualización, las representaciones, significados y prácticas de los sujetos que tiene a su cargo la implementación efectiva de las líneas de acción, sean estos diseños curriculares de formación docente inicial, legislación vigente, propuestas de capacitación, práctica de la enseñanza. Etc.

Se tomaron como estrategias metodológicas principalmente la entrevista en profundidad, el análisis de documentos y reglamentaciones, el análisis de datos estadísticos. Por ello se plantean la descripción y la interpretación, análisis y evaluación como base para la realización de este trabajo.

El trabajo consta de diferentes momentos, en primer lugar un análisis exhaustivo de la normativa vigente que señalan la implementación de la enseñanza de la Química en el Nivel Secundario y de la Asignatura Química para Ingenieros I en la Facultad de Ingeniería. Un segundo momento en el que se analiza su aplicación o derivación en acciones de práctica de enseñanza y transposición didáctica. En un tercer momento se evalúa el impacto producido por la implementación y enseñanza de la Química, específicamente en el Instituto San Cayetano N° 8.092, y en la Facultad de Ingeniería, mediante la consideración de diversos indicadores. El cuarto momento servirá para la recomposición del camino recorrido y la elaboración del informe final del trabajo.

7. METODOLOGÍA DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR CON LOS ALUMNOS DE INGENIERÍA

Las actividades se desarrollaron bajo la modalidad de:

- Aula - taller, incentivando la investigación grupal y discusión de conclusiones.
- Presentación de trabajos de investigación y monográficos.
- Exposición grupal e individual de las conclusiones e iniciativas.
- Trabajos Prácticos de Laboratorio
- Realización de informes de las clases practicas
- Resolución de Problemas Tipo Rutinarios
- Ejercitación
- Autoevaluación de cada tema

- Coloquios
- Exámenes parciales con sus respectivos recuperatorios
- Feria de Química (con temáticas sugeridas por los alumnos)
- Soporte con la plataforma Moodle

Las actividades se desarrollaron en las horas de clase asignada a la asignatura para las horas de teoría, Trabajos de Laboratorio y de Resolución de Problemas Rutinarios, además de las horas de tutoría.

ACTIVIDADES	TAREAS REALIZADAS
Inicial	1-Reunión de los docentes y auxiliares de la cátedra de Química para Ingenieros I para analizar los contenidos curriculares de la asignatura y realizar la secuenciación y organización de los mismos. 2- Selección del eje organizador temático que se propone a los alumnos, que permita aplicar los contenidos curriculares 3- Diseño de estrategias didácticas a implementar en el desarrollo de la asignatura 4- elaboración de recursos didácticos a utilizar: <ul style="list-style-type: none"> - Guías de Trabajos Prácticos de Laboratorio - Guías de Resolución de Problemas rutinarios - Guías de ejercitación - Guías de autoevaluación - Resúmenes del I desarrollo de las clases teóricas sobre los temas del programa - Mapas conceptuales - Bibliografía pertinente - Filminas
De motivación	1- Diálogo con los alumnos para la presentación y justificación del plan de trabajo semestral 2- Entrega a los alumnos de una copia del proyecto de trabajo 3- Entrega a los alumnos de las guías de Trabajos Prácticos de Laboratorio
De organización	1- Formación de comisiones para trabajos prácticos de Laboratorio 2- Formación de comisiones de Resolución de Problemas Rutinarios 3- Formación de grupos de trabajo para trabajos de investigación y monográfico.
De investigación Bibliográfica	1- Investigación sobre la orientación específica que cada grupo debe dar a su trabajo monográfico de acuerdo a la orientación de su carrera: civil, industrial, e informática 2- Investigación de las herramientas necesarias para llevar adelante el trabajo monográfico (bibliografía básica recomendada, páginas de internet y otras fuentes) 3- Orientaciones bibliográficas para la realización de las guías de autoevaluación y ejercitación.
De Desarrollo	1- Clases Teóricas : modalidad de aula – Taller 2- Trabajos Prácticos de Laboratorio 3- Resolución de Problemas rutinarios 4- Resolución de guías de autoevaluación 5- Resolución de Ejercicios 6- Confección de Monografía 7- Soporte con la plataforma Moodle
Finales	1- Entrega de informes de Laboratorio 2- Entrega de PTR 3- Entrega de guías de autoevaluación 4- Entrega de Ejercitaciones 5- Entrega de monografía 6- Exposición de trabajos monográficos 7- Feria de Química

De Evaluación	<p>- De los alumnos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- evaluación de los contenidos curriculares adquiridos(evaluaciones sumativas parciales y coloquios) 2- Presentación de Informes de Trabajos Prácticos de Laboratorio 3- Presentación y Corrección de PTR 4- Análisis de las guías de autoevaluación y ejercitación 5- Evaluación de los resultados del proyecto de trabajo <p>Del equipo docente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Encuestas realizadas a los alumnos al finalizar el dictado de la asignatura en el primer semestre 2- Análisis de los resultados obtenidos en cuanto al desempeño de cada alumno 3- Análisis de las estrategias didácticas utilizadas
---------------	---

8. POBLACIÓN DESTINATARIA

El proyecto se destinó a los alumnos de Primer Año de las Carreras de Ingeniería Civil, Industrial, Informática y en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería e Informática que cursan la asignatura Química para Ingenieros I.

9. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Las dificultades que se observan en los alumnos en el proceso de enseñanza – aprendizaje de Química para Ingenieros I , al iniciar el primer año de las Carreras de Ingeniería Civil, Industrial , Informática y en Telecomunicaciones , se debe a falencias en la formación del docente para la aplicación de metodologías adecuadas en la enseñanza del curriculum áulico en el nivel Secundario

10. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se logró la misma mediante

- Encuesta a alumnos Ingresantes en la Carreras de Ingeniería Civil, Industrial , Informática y en Telecomunicaciones
- Encuestas a alumnos de Secundaria
- Entrevistas con profesores/as.
- Observación de carpetas de los alumnos.
- Observación de clases en el Nivel Secundario
- Cuestionarios sobre interés de los alumnos y expectativas.

Las encuestas, entrevistas, observación de carpetas y observación de clases en el Nivel Secundario, se realizaron en una Institución de Nivel Secundario:

- a- Instituto San Cayetano N° 8.092, institución de Gestión Privada, que posee el Nivel Secundario, Bachiller en Ciencias Naturales.

11. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Al procesar la información obtenida se infiere que con respecto a la enseñanza y aprendizaje de la Química en las instituciones destinatarias, no realizan acciones para una efectiva enseñanza de la Química en el nivel Secundario; además este espacio curricular no posee una carga horaria óptima para el tratamiento de los contenidos curriculares, lo que dificulta un aprendizaje efectivo.

Se evidencia que no existe un contacto fluido entre el nivel Secundario y la Universidad, para realizar un seguimiento continuo de la enseñanza de la Química

Con respecto a la ejecución del proyecto de trabajo para Química para Ingenieros I, finalizo el 30 de junio de 2.019, que es la fecha de cierre de semestre en la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica de Salta, los objetivos se han cumplimentando ya que en el aula los alumnos pudieron aplicar un alto porcentaje de los contenidos curriculares de la asignatura desarrollados en la teoría, y relacionarlos en la realización de los trabajos prácticos de problemas, de laboratorio y monografías e interpretar la importancia de los mismos en su carrera.

12.1 EL PROBLEMA Y SU RELACIÓN CON LAS PRÁCTICAS DOCENTES EN EL NIVEL SECUNDARIO

¿Qué sucede con los docentes?

Los profesores de Química., generalmente no aplican metodologías apropiadas en la enseñanza de la ciencias, a los efectos de que los alumnos puedan adquirir saberes amplios y profundos sobre el mundo que los rodea, para lograr que construyan esquemas de conocimiento que permitan adquirir una visión del mundo que supere los límites de su saber cotidiano y los acerque al conocimiento elaborado en la comunidad científica.

Los docentes del actual nivel Secundario, con buena preparación de grado, recursos didácticos adecuados, buena bibliografía y guía del directivo, no cumplen algunos objetivos por falta de tiempo. A esto debemos sumarle la falta de integración entre los docentes del Nivel Secundario y la Universidad.

Además debemos resaltar las contradicciones entre la práctica docente y el discurso de los docentes, que puede ser por la ausencia de una cultura reflexiva que favorezca el análisis de su práctica, es decir, comprender el significado de su accionar y tomar conciencia de las implicaciones teóricas que subyacen a cada una de sus decisiones.

12.2 EL PROBLEMA Y SU RELACIÓN CON LA COMUNIDAD

¿Qué sucede con las familias?

Los jóvenes, demandan el conocimiento de las ciencias naturales, de la que forma parte la Química, porque viven en un mundo en que ocurren una enorme cantidad de fenómenos naturales, de los que están deseosos de encontrar una explicación, que en la mayoría de los casos, la familia no puede hacerlo por falta de conocimiento sobre los productos de la ciencia y la tecnología.

13. EVALUACIÓN

13.1 Evaluación inicial o de diagnóstico

Para comprender mejor la problemática presentada, se efectuó en la etapa de diagnóstico, una encuesta destinada a los alumnos y docentes del Instituto San Cayetano, y de la Facultad de Ingeniería. Los resultados indicaron que un alto porcentaje de alumnos no poseían conocimientos firmes y eficientes sobre Química, a pesar que para todos los encuestados los temas del área son sumamente interesantes.

13.2 Evaluación durante el proceso

Se ha establecido, destinar una jornada para la evaluación del mismo. La misma se efectuará entre docentes y directivos.

Se analizarán los objetivos en función de las actividades realizadas y cumplimentadas, como así también el aprovechamiento y racionalización de los recursos. Por otra parte se tendrán en cuenta también los procedimientos, validez de los contenidos, calidad de los documentos, integración programática, interrelación entre las experiencias de campo y laboratorio con la información obtenida en el Primer Año de Ingeniería, colegio y ajuste programático.

Por otra parte se evaluó:

- rendimiento escolar (regularización de la asignatura)
- Participación
- Interés
- Colaboración
- Responsabilidad en las tareas asignadas
- Compañerismo - Integración grupal

13.3 Evaluación al docente por parte del directivo

La evaluación a los docentes se determinará de la siguiente manera:

- Aspectos positivos y negativos del proyecto en general
- Aspectos mejorables
- Aspectos que espera de los docentes y que deben ser mejorados
- Aspectos sobresalientes que Ud. considere, deban mantenerse.
- Situaciones negativas que mejoraría
- Situaciones que acrecentaría en tiempo por su importancia
- Opinión que le merece este tipo de actividad para todos los jóvenes en edad escolar.
- ¿Cree Ud. que sería de mucha importancia trabajar este tipo de actividad con todos los jóvenes en edad escolar?
- Formule una opinión generalizada de este trabajo

13.4 Evaluación del proyecto de los docentes entre sí

En forma breve se deberá elaborar un informe personal en base al siguiente cuestionario:

- Aspectos positivos y negativos del proyecto , en general
- Aspectos que crea Ud. podrían ser mejorados.
- Aspectos que espera de los docentes, sean mejorados.
- Aspectos sobresalientes que considera Ud. deben mantenerse.
- Situaciones negativas que mejoraría.
- Situaciones o actividades que incrementaría en tiempo, por su importancia.
- Opinión que le merece este tipo de actividad.
- ¿Cree Ud. de mucha importancia trabajar este tipo de actividad con todos los jóvenes en edad escolar? ¿Por qué?
- Formule una opinión general de este proyecto.
- Exprese una reflexión de todo lo actuado.

13.5 Evaluación del alumno al proyecto

Se realizará una breve encuesta, en donde el alumno exprese libremente su impresión personal.

- ¿Qué opinión le merece el enfoque de la asignatura? ¿Está de acuerdo con las actividades realizadas? Cuéntenos lo que más le agradó.
- ¿Los docentes fueron bien dispuestos?
- Antes y después de las actividades, hubo algún cambio en el conocimiento ¿aprendió algo nuevo que sea beneficioso?
- ¿Tuvo algún desencuentro ó discusión con algún compañero?
- ¿El trato de los docentes fue correcto?
- ¿Las actividades fueron interesantes?
- ¿Qué tema o actividad le hubiera gustado realizar que no haya hecho?
- ¿Puede expresarse con un dibujo o pensamiento?

13.6 Evaluación final del proyecto

En la misma participaron el grupo de trabajo total: alumnos, docentes y directivo que estuvieron directamente comprometidos con el proyecto. Se observó el trabajo realizado, material fílmico, documentado, oral y escrito, trabajos de laboratorio, informes, cumplimiento de tareas asignadas, integración programática e interdisciplinariedad. Se confeccionó un documento con todas las actividades, a los efectos de hacer las comparaciones estadísticas al final de cada período lectivo.

14. CONCLUSIÓN

Con la implementación del presente proyecto se aspira a que los alumnos y docentes internalicen una nueva visión sobre la enseñanza de la Química, superando la anterior: abstracta y poco práctica y se conecten más con la vida cotidiana modificando actitudes en miras de un aprendizaje significativo. Así mismo los docentes deberán acompañar en este proceso que pretende ser modificador y restaurador de las falencias observadas en el Nivel Secundario, de tal manera de poder desarrollar las capacidades intelectuales que le permitan al educando descubrir la esencia de la vida que los rodea.

Se pretende que a través del Proyecto el docente se plantee nuevas prácticas metodológicas, adquisición de prácticas adecuadas y preparación de material didáctico óptimo para superar las falencias señaladas en la enseñanza de la Química.

Jurisdicción Nacional, la posibilidad de su prórroga en el marco del Poder de Policía

Crespi, Mario Gabriel (*); Diaz, Daniela Cristina; Esposito, Andrea Beatriz; Tittonel, Marcelo

Facultad de Ingeniería, UNLP.

1 esquina 47. (1900) La Plata.

crespi@ing.unlp.edu.ar; daniela.diaz@ing.unlp.edu.ar; andrea.esposito@ing.unlp.edu.ar;

marcelo.tittonel@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN.

El análisis de esta temática es interesante abordarlo con el propósito de generar un espacio de análisis y reflexión sobre el mismo, para cuando el hoy estudiante realice su actividad profesional y se le planteen cuestiones de ejercicio profesional en diferentes ámbitos del país. Es necesario contextualizar esta problemática para cuando ésta deba ser ejercida por los estudiantes en formación, para avanzar sobre la realidad que tengan como circunstancia de su ejercicio y poder actuar en consecuencia. El fin es que se tome conciencia sobre las consecuencias que acarrea el tema de la jurisdicción en el ejercicio profesional, al tiempo de favorecer la reflexión y el análisis sobre distintos aspectos del mundo jurídico, para que puedan desarrollar criterios y canalizar acciones, porque más allá de que estemos formando profesionales ingenieros, estos deben tener, conocimiento del derecho, que es el que presupone la existencia de una vida en sociedad, de convivencia. Debe darse una discusión compleja y seria de cuando la jurisdicción nacional debe ser aplicable y no como simple escudo en desmedro de los intereses locales, que fortalecen la república federal tal cual fue concebida por los constituyentes. Darle una acabada noción a un estudiante de este tema, lleva como consecuencia entender los conceptos fundamentales de nuestra Constitución Nacional, y hace que no solo proyectemos buenos profesionales, sino lo más importante, mejores ciudadanos que sepan llevar adelante su actividad profesional adecuada a las circunstancias que se le presenten.

Palabras Claves: Jurisdicción Nacional, Poder de Policía, Educación Ingeniería, Actividad Profesional.

ABSTRACT.

The analysis of this topic is interesting because it allows a review on the education of legal engineering in Argentina. The proposal is that students get to know about the consequences that the jurisdiction means in their professional life and it also generates an approach between engineers and law.

It is necessary to understand this problem so that students in training can act correctly in the future. There must be a serious discussion about when national jurisdiction ought to be applied and point out that it cannot be used as a shield to the detriment of local interests.

Giving a whole notion of this subject to students implies that they understand the essential concepts of our constitution. This projects us good professionals and citizens who know how to carry out their professional activity according to the situations that appear to them.

Keywords: National Jurisdiction, Police Power, Engineering Education, Professional Activity.

1. INTRODUCCIÓN

El presente análisis sobre esta temática si bien es detallado para un estudiante de ingeniería, es interesante abordarlo con el propósito de instalar un espacio de análisis y reflexión sobre el tratamiento del mismo, para cuando estén ya realizando la actividad profesional y deban plantearse cuestiones de ejercicio profesional en distintos ámbitos de la República Argentina. Por lo cual se hace necesario contextualizar esta problemática en el campo de la ingeniería cuando ésta deba ser ejercida por los estudiantes que hoy estamos formando, para avanzar sobre la realidad que tengan como circunstancia para su ejercicio y poder actuar en consecuencia.

El propósito es que puedan tomar conciencia acerca de las consecuencias que acarrea el tema de la jurisdicción en su ejercicio profesional, en el marco del poder de policía imperante, y favorecer la reflexión y el análisis sobre distintos aspectos del mundo jurídico, para que puedan desarrollar criterios y canalizar acciones por las vías adecuadas, porque más allá de que estemos formando profesionales ingenieros, estos deben tener, un buen conocimiento del derecho, que como todos sabemos es el que presupone la existencia de una vida en sociedad, de convivencia, y no solo verlo como regulador de relaciones.

Teniendo en cuenta cronograma que hemos desarrollado en nuestra cátedra Ingeniería Legal / Ingeniería Legal y Ejercicio Profesional referido a los temas Derecho Constitucional, Derecho Administrativo, Derecho Procesal, Poder de Policía, Ejercicio Profesional, propician poder avanzar en este concepto planteado para los estudiantes de ingeniería alertándolos sobre las implicancias a futuro en su trajinar profesional.

Por lo cual el desarrollo de este tema en especial y del derecho en general implica la necesidad de determinar quién puede ser titular de derechos, frente a quién es posible hacerlos valer y quiénes intervienen en una relación, que conflictos pueden aparecer cuando queremos hacer valer esos derechos en la actividad profesional, entre otras cuestiones. Todo lo enunciado en el marco del poder de policía imperante desde nuestra misma Constitución Nacional y el derecho procesal aplicable.

2. JURISDICCIÓN NACIONAL

Luego de lo mencionado en los párrafos precedentes, vemos que cuando analizamos los conflictos producidos en las distintas circunstancias en las que corresponde/ría aplicar la jurisdicción nacional (tanto en las cuestiones de obras públicas, ejercicio profesional, entre otras), se nota la dilación y paraguas que ésta permite a empresas para no cumplir con las tasas y cuestiones impositivas de las provincias; pero asombra que esta JURISDICCIÓN NACIONAL ceda cuando se plantean otros conflictos con otros actores, y vemos, atónitos, que se autoriza la prórroga de jurisdicción en la resolución de conflictos en juicios contra el Estado que involucren a contratos del Fideicomiso creado para financiar obras a través del sistema Participación Público Privada (PPP), por ejemplo, pero no se tiene idéntico comportamiento cuando se tratan cuestiones referidas a situaciones de los gobiernos locales o del poder de policía en el ejercicio profesional que nunca ha sido una facultad delegada por las provincias.

Es decir que se escudan en la jurisdicción nacional, cuando quien los compele son las provincias o entidades de índole local, pero ante el mercado financiero internacional no reaccionan de igual forma y aprueban la inclusión en los contratos -que integren el Contrato de Participación Público Privada- de "cláusulas que establecen la prórroga de jurisdicción a favor de tribunales arbitrales extranjeros con sede en un Estado que sea parte en la Convención sobre el Reconocimiento y la Ejecución de las Sentencias Arbitrales Extranjeras (Nueva York, 1958), en los casos que el o los beneficiarios de éstos sean residentes en el exterior".

Por lo cual creemos que debemos darnos una discusión compleja y seria cuando la jurisdicción nacional debe ser aplicable y no como escudo en desmedro de los intereses locales, que hacen al fortalecimiento de la república tal cual fue concebida por nuestros constituyentes. Darle una acabada noción al estudiante de este tema, que lleva como consecuencia entender los conceptos fundamentales de nuestra Constitución Nacional, hace que no solo proyectemos buenos profesionales ingenieros, sino y lo que es más importante, ciudadanos que sepan llevar adelante su actividad profesional adecuada a las distintas circunstancias que se le presenten dentro del marco normativo que nos impera.

3. JURISPRUDENCIA

En el análisis del desarrollo distinguimos como algunos fallos hacen lugar a los planteos de incompetencia por algunas empresas, que ante la resolución de un contrato y ante la estipulación de cláusulas de prórroga de jurisdicción pactada entre las partes y expresada en el documento firmado, entiende el juez que no se advierte necesariamente, una conducta abusiva. En este caso, por parte de la demandada al establecer que dicha empresa (una empresa societaria) pudiera, de acuerdo a su parecer, demandar en esta jurisdicción, atento que dicha atribución sólo opera en caso de que no pudiese hacer ejecutivo un fallo extranjero en el país donde esta se encuentra, cuestión que a la inversa, no tendría sentido, debido a que el actor había acordado con la demandada la jurisdicción de esta última. Consecuentemente vemos que de acuerdo a la funcionalidad de las

actividades económicas, en forma paulatina nuestros tribunales comienzan a ser permeables a la aceptación de la prórroga jurisdiccional. Existe, todavía, un largo camino a recorrer, trabajo que se deberá hacer con el involucramiento de todos los actores afectados.

Vale aclarar que, si bien esta prórroga conlleva per se una cláusula asimétrica, encuentra su razón fundante en la eficacia de los fallos que se dicten en tal sentido, aclarando que esto no significa, de por sí, la nulidad de tales disposiciones.

Será necesario, entonces, que se deba tener en claro que en los contratos u obligaciones que se asumen, pueden incluir o no cláusulas de prórroga, es decir normalmente las partes pueden elegir de manera expresa la jurisdicción a la cual se ajustaran sus pretensiones, pero no es condición necesaria. Puede ser que nada estipulen y es allí donde los jueces deberán interpretar teniendo en consideración las cuestiones funcionales y sociales que se ventilan.

En este sentido hay que extremar los cuidados, porque en las convenciones estipuladas entre particulares o privados, en principio no se alteraría el orden, si bien se presta a diversas opiniones, cuando la elección de la prórroga se ha estipulado expresamente. En este caso, como lo vienen entendiendo nuestros jueces mediante la mayoría de los fallos que se dictan en tal sentido, implica asumir que la formulación de dicho convenio o cláusula – es decir de forma expresa la prórroga de jurisdicción - implica que se ha realizado una opción con carácter de exclusiva.

Pero bien han entendido, que la inserción en forma expresa de cláusulas en este sentido, debe llevar a concluir que el contrato en su totalidad vaya en tal dirección, debido a lo cual y a los efectos de poder interpretar lo establecido en dichos contratos, deberán considerarse, analizarse y evaluarse las demás cláusulas insertas en dicho instrumento, por lo cual también se puede meritar el contexto en el cual dicho contrato se lleva adelante, los fines del mismo y toda circunstancia que lleva a la consecución de sus efectos.

Y es tal vez aquí donde pueden aparecer otros actores, como ser el Estado en sus múltiples expresiones, y si bien tal vez se discutan contratos de obra pública nacional y tal vez en dichos instrumentos no se haya estipulado la cuestión de que deban cumplir con ordenamientos provinciales o municipales, desconocer lisa y llanamente dicha cuestión nos llevaría a provocar desigualdades en cuanto al cumplimiento de las normas en forma integral dentro de la República.

Es decir que no podemos desconocer la implicancia que la firma de estos contratos conlleva y la cuestión que más allá que estén estipuladas cuestiones expresas de jurisdicción, no puede desconocerse, por las partes que suscriben dichos convenios, que la firma de los mismos tiene correlación, no solo con otros convenios en relación a la cuestión, sino y sobre todo con los ordenamientos que disponen cuestiones inherentes a la consecución de los fines o actividades que se obligan en dichos contratos, por lo cual pretender desconocer dichos marcos normativos, sería provocar una desigualdad suprema, resguardados solamente en las meras cláusulas fijadas en los documentos.

Por lo cual la conjunción del ordenamiento en general permite llegar a concluir, que más allá que se hayan estipulado o no cláusulas de prórrogas, o estipulado el cumplimiento con todas las normativas nacionales, provinciales o municipales que se necesitan para llevar a cabo la actividad, se debe cumplir con lo establecido teniendo, asimismo, en miras que mientras el ordenamiento inferior no obste o sea obstáculo para la finalidad estipulada en el contrato, debe cumplirse con el mismo, aunque no se haya expresamente volcado en las cláusulas establecidas, y considerar que los tribunales inferiores pueden entender en dichas cuestiones particulares, cuando se arbitren pretensiones en tal sentido.

Y es en tal sentido que existen reiterados precedentes judiciales en los cuales se ha reconocido la validez de la prórroga de su competencia originaria a favor de tribunales inferiores, cuando dicha jurisdicción corresponde en razón de las personas por constituir una prerrogativa que, como tal, puede ser renunciada expresa o en forma tácita.

Asimismo la Procuradora Fiscal ante la CSJN, Dra. Laura Monti, dictaminó el día 17 de marzo de 2017, que no basta que cuando en un pleito se encuentra como parte una Provincia, para que proceda la competencia originaria de la Corte, sino que resulta necesario además que la materia tenga un manifiesto contenido federal (Fallos; 97:177; 311:1588; 315:448) o se trate de una causa civil, en cuyo caso, resulta esencial la distinta vecindad de la contraria, quedando excluidos aquellos procesos que se rigen por el **derecho público local** (Fallos 324:533; 325:107 747 y 3070, entre otros). (Las negritas nos pertenecen). En una cuestión que se ventilaba el contrato de obra pública, construcción de la Escuela a Crear Dina Huapi LPN N° 2/10 Rio Negro. En dicha cuestión la Dirección Ejecutiva de la Unidad Provincial de Coordinación y Ejecución del Financiamiento Externo, convalidó la rescisión del contrato de obra pública para la construcción de la obra citada en el párrafo precedente, por haberse constatado el incumplimiento de las obligaciones que derivan del contrato de obra pública firmado por la contratista Hidroconst S.A. – Ingeniero Ramasco SA (UTE).

Destaca, asimismo, la Procuradora Fiscal ante la CSJN, que de acuerdo y a partir de la sentencia dictada en “Barreto, Alberto Damián y otra c/ Provincia de Buenos Aires y otros s/ Daños y Perjuicios”, el juez actuante otorgó un nuevo contorno al concepto de causa civil que deriva del artículo 116 de la Constitución Nacional. Entendiendo en tal sentido que tienen tal carácter aquellos

litigios regidos exclusivamente por normas y principios de derecho privado, entendido como tal el que se relaciona con el régimen de legislación enunciado en el art. 75, inc. 12º, de la Constitución Nacional, y se ha *excluido* de esa naturaleza a los supuestos en los que, a pesar de demandarse restituciones, compensaciones o indemnizaciones de carácter civil, se requiere *para su solución* la aplicación de normas de derecho público provincial o el examen o revisión, *en sentido estricto*, de actos administrativos, legislativos o judiciales de las Provincias en los que éstas procedieron dentro de las facultades propias reconocidas por los arts. 121 y siguientes de la Constitución Nacional. Vemos aquí cómo comienza a ceder los principios tan rígidos que imperaron para muchísimo tiempo en cuanto a jurisdicción.

Asimismo, el fallo realiza un análisis más profundo al fijar que para determinar el carácter de un proceso no basta indagar la naturaleza de la pretensión, sino que es necesario, además, examinar su origen; así como también la relación de derecho existente entre las partes y la efectiva naturaleza del litigio (*Fallos 311:1791 y 2065; 312:606; 315:2309*). Es ante estos fallos donde debemos estar atentos al fin de poder tener todos los conocimientos propios para hacer valer nuestras pretensiones, debido a que la cuestión jurisdiccional ha comenzado a ser más dinámica en cuanto a sus pronunciamientos y no ser reglas fijas, que, al aplicarlas a las circunstancias particulares de cada caso, se alejaban del principio rector, que es la búsqueda de la justicia.

Es decir que cuando llega a nuestro conocimiento por la cuestión que sea, debemos entender que la jurisdicción puede ceder, toda vez que para resolver un pleito se deberá estudiar y examinar, normas y actos locales (como ser normativas sobre colegiación, regímenes de contrataciones y distintas normativas de orden local), debiéndose interpretar en cuanto a su espíritu y sobre todo en los efectos que la soberanía local les ha dado al momento de dictarlas, por lo cual deberán ser en tales casos los jueces locales los que deban hacerse cargo del conocimiento y la decisión de tales cuestiones.

Máxime si fundamos estas pretensiones en el respeto a nuestro sistema federal de gobierno y sumado a las autonomías locales, es por lo cual deberán ser estos jueces locales quienes lleven adelante el entendimiento de dichas causas, porque en dichas pretensiones se ventilan asuntos de naturaleza local, con la aclaración de que las cuestiones de naturaleza federal que también pueden comprender esas pretensiones que luego terminan en un juicio, sean susceptibles de adecuada tutela por la vía del recurso extraordinario.

Es decir, y de acuerdo a lo dictaminado por la Procuradora Fiscal ante la CSJN, Dra. Laura Monti, la jurisdicción del fuero federal, también puede ceder frente a las causas regidas por el derecho público local, ir en contrasentido a dicha postura sería la franca violación a las autonomías locales.

4. CONCLUSIONES.

Es un largo camino por andar, pero ya se han comenzado a dar los primeros pasos y como dice la frase tan conocida en esta época “nadie puede darte todo, pero todos podemos dar algo”, será este nuestro esfuerzo para que desde el lugar que nos toca como docentes, preservemos e inculquemos el interés de los estudiantes para que conozcan los principios que rigen al derecho, para que luego puedan utilizarlos aplicándolos mediante la lógica ante cualquier situación que se les presente, porque las normas pueden cambiar, lo que no debe cambiar es nuestro conocimiento de los principios básicos que fija nuestra Constitución Nacional.

Más allá de lo largo del camino, es tiempo que se comience. Caso contrario estaremos siempre un paso atrás en lugar de haber progresado. Eso también es parte de nuestra misión y responsabilidad como docentes.

5. REFERENCIAS.

- [1] CONSTITUCION NACIONAL ARGENTINA, (1994). Paraná, Argentina. Portal Infoleg.
- [2] ROLAND ARAZI Y JORGE A. ROJAS, (2015) *Código Procesal Civil y Comercial de la Nación - Comentado y Anotado*. Rubinzal - Culzoni Editores.
- [3] LEY 19549 - *Ley de Procedimiento Administrativo Actualizada* (2018). Portal vLex.
- [4] CAROL, GUILLERMO C. (2008). *“Ingenieros, agrimensores y el derecho. Parte General. Tomos I y II”* – La Plata – Centro de Estudiantes de Ingeniería La Plata (CEILP).

Laboratorio de Diseño y Desarrollo de Productos - DP LAB, Espacio Tecnológico de Formación Interdisciplinaria en la Carrera de Ingeniería Industrial UBA

DI Jerónimo Basso; MBA. Ing. Andrés Alonso

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
Av. Gral. Las Heras 2214.
lab.ddp@fi.uba.ar.*

RESUMEN

El Laboratorio de Diseño y Desarrollo de Productos, alias DP LAB, se presenta como un espacio multi-metodológico y de colaboración interdisciplinaria en un contexto tecnológico, catalizador entre la academia y el sector profesional. Nace en el año 2014 en el marco de la materia Diseño de Producto del Departamento de Tecnología Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, materia con más de 30 años de existencia en la carrera de ingeniería industrial y que, desde la UBA, se propagó a la misma carrera en otras universidades como el ITBA, la UN Rosario y la UTN en muchas de sus regionales.

Esta nueva idea se plasmó como una herramienta de formación, capacitación y profesionalización tanto para alumnos como para docentes por igual, para llegar a ser un espacio que les permitiera concretar en la realidad las actividades prácticas obligatorias de modelos, maquetas y prototipos de productos desarrollados en el marco de la materia.

Aunque no fue planeado centralmente tener impacto más allá del curso, la posibilidad de transferir conocimiento a los alumnos en un entorno altamente creativo y aportar valor agregado hicieron que estas nuevas capacidades se extendieran a otras cátedras y carreras, tanto en desarrollo y prototipado, como también proyectos de investigación de la propia facultad y de otras en la Universidad, como la Facultad de Medicina y Psicología. Este proyecto buscó en su origen la excelencia y la colaboración por medio de la formación experimental. Creemos entonces que en un mundo donde la tecnología y la interdisciplinaria son claves en un contexto industrial, el laboratorio de diseño y desarrollo de productos es un interesante modelo a compartir para otras disciplinas de la ingeniería.

Palabras Claves: Diseño de producto, fabricación de prototipos, digitalización y modelado 3D, Ingeniería de producto

ABSTRACT

The Product Design and Development Laboratory, a.k.a DP LAB. presents itself as multi-methodological space for interdisciplinary collaboration in a technology driven context, an academy-industry catalyst. Born in 2014 within the Product Design course's framework, part of the FIUBA Industrial Technology Department. A course with more than 30 years of existence part of the Industrial Engineering Career that first appearing in the University of Buenos Aires, later spread to the same career in other universities such as the ITBA, Rosario's UN and the UTN in many of their regional campuses.

This new idea was embodied as a training tool, instruction and professionalization tool for both students and professors alike, to become a space that would allow them to produce in reality the model's mandatory practical activities, mock-ups and prototypes of products developed in the course's context.

Although it was not centrally planned to have any impact beyond the course, the possibility of transferring knowledge to students in a highly creative environment and providing added value made these new capabilities extended to other courses and careers, both in development and prototyping, as well as a the faculty's own research projects and of other faculties of the university, such as the Faculty of Medicine and the Faculty of Psychology.

This project sought excellence and collaboration through experimental training from the very beginning. We then believe that in a world where technology and interdisciplinarity are key elements in and industrial context, the Product Design and Development Laboratory is an interesting case to share among other engineering disciplines.

Key Words: Product design, prototyping, 3D modelling and digitalization, product engineering

1. INTRODUCCIÓN

La formación histórica en el mundo de la Ingeniería estuvo durante décadas regida por los contenidos que se les brindaban a los alumnos, con estrategias y metodologías teórico-prácticas para el proceso de enseñanza-aprendizaje característico, de manera lineal.

En los últimos años, el diseño de actividades académicas ha pasado a regirse por conceptos como objetivos, capacidades o competencias específicas y novedosas que los alumnos deben adquirir para ser competitivos en un mundo cada vez más globalizado.

Este cambio de enfoque paradigmático tuvo como consecuencia el exigir a los involucrados en la instrucción en educación superior reconsiderar los mecanismos de enseñanza-aprendizaje que hasta el momento se utilizaban para formar ingenieros. Con estos nuevos parámetros en mente, y luego de un gran trabajo de reflexión, se logró confirmar una antigua hipótesis: se están formando ingenieros de escritorio. Ingenieros con un alto grado de conocimiento teórico, abstracto y científico, pero en muchos casos alejados de la realidad práctica de lo que la industria, la profesión, el mercado de empleo e inclusive el país necesitan.

La formación académica de la Facultad de Ingeniería de la UBA (FIUBA) es reconocida por la calidad y excelencia de sus profesionales tanto en nuestro país como en la región en general. Los actores que forman parte de la comunidad educativa son conscientes de que para mantener y hacer crecer este nivel de excelencia es necesario lograr crear una conexión adecuada y genuina de los estudiantes con las necesidades del mundo del trabajo de manera tal que el pasaje del ambiente universitario al profesional no sea una experiencia traumática y sea, a la vez, lo más productivo y formador posible.

Se han realizado trabajos de recopilación de información, se ha investigado y analizado evaluaciones de empresas y organizaciones que contratan Ingenieros, así como también se han estudiado cuidadosamente las opiniones de jóvenes profesionales graduados de la facultad de Ingeniería. Como resultado, en todos los casos, se concluye en la necesidad de profundizar en una educación que otorgue más y mejores herramientas vinculadas a un mundo práctico, tecnológico y competitivo, poniendo al ingeniero en el centro de la escena de la resolución de problemáticas de distinta índole, donde trabaje con recursos, tecnologías y personas.

Dentro de este trabajo exploratorio, se realizaron además entrevistas y encuestas a estudiantes de diversas carreras de Ingeniería, siendo uno de los comentarios más frecuentes la necesidad de formarse como ingenieros con mayor experiencia práctica y de campo.

Como profesionales de la Ingeniería y el diseño, y a partir también de la función docente se considera que es fundamental facilitar a los alumnos oportunidades creadoras de soluciones reales a problemas, así como tener el objetivo de transformar en realidad los proyectos que se plantean dentro del marco educativo universitario. En este caso de estudio se busca crear espacios de aprendizaje de resolución de problemas reales, donde los alumnos puedan finalizar estos proyectos con la creación de productos físicos y tangibles que puedan ser fabricados con tecnologías disponibles y requeridas en la industria actual y por venir. De esta manera se persigue un doble objetivo: por un lado, la concreción o materialización de proyectos y, por el otro, la oportunidad de que los alumnos puedan adquirir capacidades, aptitudes y destrezas en el uso de distintas tecnologías de producción, empezando por aquellas más manuales o artesanales hasta tecnologías innovadoras de gran impacto en la industria global, como lo es la fabricación digital, permitiendo no solo la concreción de los proyectos, sino la integración de conocimientos de punta de otras asignaturas de la carrera.

Formamos parte de un equipo de trabajo que observa en forma constante los cambios que suceden dentro de la Universidad, en universidades prestigiosas del mundo, y en el entorno local y global. Sobre la base de estos elementos se busca activamente entonces anticipar los cambios que se requieren en la educación superior para permanecer a la vanguardia de la educación Universitaria. En el año 2013, a partir de la convocatoria del Dr. Ing. Aníbal Cofone, profesor de la materia Diseño de Producto, se conforma un equipo de trabajo y se define la necesidad de crear un espacio de trabajo destinado a alumnos para que pudiesen experimentar y crear con distintas tecnologías disponibles prototipos y productos dentro del marco de la materia Diseño de Producto para Ingeniería Industrial.

Tal como indican Libow Martinez y Stager [1], una de las responsabilidades de ser docente es traducir los mandatos del sistema educativo en algo que tenga como resultado ayudar a los alumnos a comprender el mundo de una mejor manera. Consideramos que el mundo que nos rodea está repleto de elementos físicos, y son los docentes quienes deben ayudar a los alumnos a que esa mirada sea más real. Sin embargo, muchas veces aquí aparece el dilema entre el deber ser (los mandatos del sistema educativo, los programas, las planificaciones, etc) y las demandas reales de los alumnos y entorno por conocimientos útiles.

A su vez, Perkins [2] nos recuerda que se está educando para el futuro y que actualmente se dictan contenidos que una vez los estudiantes estén recibidos, esos contenidos muy probablemente estén desactualizados, por no decir obsoletos. Y, peor aún, no se sabe cuáles serán los contenidos que resulten útiles y relevantes. Se tiene aquí entonces el doble desafío de actualizarnos como

profesionales y como docentes para poder formar a alumnos de manera tal que adquieran capacidades que permitan adaptarse de manera natural a entornos muy cambiantes también. Se sabe que las tecnologías avanzan cada vez más rápidamente en relación a paradigmas de producción anteriores, lo que permite determinar que mediante la creación de un espacio de trabajo para concreción de proyectos de desarrollo de productos a través de la combinación de tecnologías útiles y nuevas es una gran ventaja para futuros Ingenieros.

1.1. Puesta a punto e inauguración del DP LAB

A fines del año 2013 la idea de crear el Laboratorio para creación de prototipos y productos empezaba a convertirse en realidad gracias a donaciones y financiamientos de varias instituciones: la Fundación Hermanos Agustín y Enrique Rocca otorgó varias donaciones para la compra equipamientos, la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deporte a través del Proyecto de mejoramiento de la enseñanza en ingeniería otorgó un importante financiamiento, por otro lado diferentes PyMEs nacionales y profesionales independientes donaron equipamientos, herramientas e insumos para el DP LAB.

El planeamiento, desarrollo y concreción de este laboratorio demandó un gran esfuerzo y muchas horas de trabajo de un equipo enorme de colaboradores de la materia Diseño de Producto, sin el cual la concreción de este proyecto no hubiese sido posible.

El día 27 de junio 2016 se inauguró oficialmente el Laboratorio de Diseño y Desarrollos de Productos. Ese día contamos en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería con la grata presencia del Ministro en Ciencia y Tecnología, Dr. Lino Barañao, el decano de la Facultad de Ingeniería (FIUBA), Ing. Horacio Salgado, el Decano de la facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Arq. Luis Bruno y el Dr. Ingeniero Aníbal Cofone, Secretario de Ciencia y Técnica de la UBA, Director de Ingeniería Industrial de la UBA, Profesor de la materia Diseño de producto y principal artífice de la creación del DPLAB. Asimismo, se contó con la participación de un gran número de alumnos, graduados y profesores y representantes de varias empresas que patrocinaron este proyecto, entre los más destacados estuvieron Eduardo E. Franck y Marco Radnic, directores de la empresa Techint.

El Laboratorio de Diseño y Desarrollo de Productos (DPLAB) se presenta hoy como una herramienta de formación, capacitación y profesionalización tanto para alumnos como para docentes buscando complementar procesos de diseño y etapas de desarrollo. Además, propone de proponer ser parte de una experiencia moldeadora, que llega a resultados tangibles en el ambiente de la ingeniería, dónde la abstracción fue es moneda corriente. A través de este espacio se fomentan no solo la investigación científica y académica, como también la creatividad y la producción.

Para finalizar y sentar las bases sólidas de este caso de estudio, el día 5 de noviembre de 2019, por resolución de Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería se reconoce formalmente al Laboratorio y Grupo de investigación de Diseño y Desarrollo de Productos, teniendo como hito el ser el primer laboratorio perteneciente al departamento de Tecnología Industrial de la facultad de ingeniería de la UBA

1.2. Propósito y función del DP LAB

Se tiene como propósito fundamental el permitir a alumnos, docentes, graduados e investigadores de la Facultad de Ingeniería llevar a la práctica toda idea y/o proyecto que involucre el desarrollo y diseño de productos ya sean prototipos, finales o de ensayo, a través de la utilización de tecnologías de diseño y fabricación manual, CNC y digital.

En este espacio de trabajo se ponen en práctica conceptos aprendidos en forma teórica a lo largo de las diferentes carreras de ingeniería. A través de la conformación de piezas por métodos sustractivos (Router CNC, fresadora o corte láser), métodos aditivos (impresión 3D), de conformación y manuales, y robótica, se crean objetos que permiten probar, verificar o comprobar diseños de objetos, mecanismos y sistemas.

Una de las propuestas clave de este laboratorio es el poder realizar las etapas previas imprescindibles a la producción industrial masiva de cualquier producto de manera sencilla, eficiente y rápida empezando por maquetas de estudio y prototipos, hasta llegar a pre series en algunos casos como también productos finales, dependiendo de la complejidad y solicitudes del mismo. Esto se logra poniendo a disposición de los usuarios una vasta cantidad de herramientas junto a su *know-how*, lo que permite generar distintos modelos físicos que resultan indispensables para el desarrollo de un producto en las etapas previas a su industrialización.

Se promueve como valor elemental el trabajo multidisciplinario con otros actores dentro y fuera de la facultad de ingeniería. En un contexto cada vez mas interconectado, propio de la industria 4.0, la creación de redes con otras instituciones es necesaria y permite enriquecer la enseñanza de grado representando ambientes semejantes al mundo real.

Aspira a incorporar en forma constante nuevas tecnologías de diseño, desarrollo y fabricación tanto en el mundo académico, profesional y de investigación.

El DP LAB se proyecta entonces como un espacio de vinculación entre todas las áreas destinadas a las problemáticas relacionadas al diseño y desarrollo de productos industriales en todas sus etapas de producción y ciclo de vida.

Para finalizar, es importante mencionar que una característica primordial del laboratorio es su modelo de negocios, siendo concebido como un espacio de trabajo libre, gratuito y accesible para la comunidad educativa, fomentando de esta manera el entender que la disponibilidad y acceso garantizado a espacios que permitan generar conocimiento genuino y promover la creatividad todo en un solo lugar solo puede tener como consecuencia buenos resultados.

1.3 Equipo interdisciplinario

Siguiendo los lineamientos de trabajo multidisciplinario, el laboratorio cuenta con un equipo de profesionales especializados en procesos de diseño, innovación y gestión de proyectos de triple impacto con gran experiencia de trabajo en desarrollo de productos, consultoría y asesoramiento en ingeniería, diseño, materiales y producción. Este grupo cuenta con amplia experiencia en el desarrollo de proyectos relacionado al diseño industrial, ingeniería industrial, civil, electrónica, y de alimentos, entre otras.

Entre los profesionales destacados se encuentran los responsables en primera instancia de llevar a cabo el proyecto de creación del laboratorio en cuestión, los Ingenieros Industriales Andrés Alonso, Leandro Valentini y Cecilia Fornari. Trabajando de manera en conjunto a los Diseñadores Industriales Jerónimo Basso y Teresa Turco Greco. Por último, la posibilidad de incorporar becarios de carreras como Ingeniería Civil y Electrónica permiten enriquecer de manera significativa las actividades y entorno administrativo, operativo y creativo.

A su vez, el equipo de trabajo forma parte de la cátedra de Diseño de Producto de la carrera de ingeniería industrial de la UBA, la cual tiene una trayectoria de más de 30 años.

1.4 Diferenciadores y Beneficios

Se propone un espacio donde se pueda tener contacto cercano con la forma, modelos y prototipos para llegar a resultados tangibles y replicables en el ambiente de la ingeniería, favoreciendo la experimentación creativa y la concreción de productos competitivos con soluciones integrales.

2 DESARROLLO

2.1 Equipamiento

El equipamiento con el que cuenta el laboratorio está en constante crecimiento. Se ampliaron las capacidades de trabajo gracias a donaciones de organizaciones, empresas, docentes, graduados y alumnos. En la actualidad se cuenta con máquinas herramientas para diversos procesos de manipulación, transformación y terminación de polímeros, maderas, metales, vidrio, cerámicos y otros mediante un amplio abanico de tecnologías. Entre ellas cabe destacar:

2.1.1 Procesos de Mecanizado, Desbaste y Arranque de Viruta

- Fresadora CNC 3D 1200x800mm
- Cortadora Laser cerrada 1000x700mm
- Sierra Circular de Banco
- Sierra Sensitiva
- Sierra sin fin
- Taladro perforador de banco
- Lijadora de banda y circular

2.1.2. Procesos de Escaneo y Modelado por Deposición de Material Fundido

- Impresora 3D MakerBot Replicator+
- Impresora 3D J50 500mm de Eje Z (2 Equipos)
- Scanner 3D MakerBot

2.1.3. Procesos de Moldeo

- Termoformadora Industrial

2.1.4. Procesos de Soldadura

- Soldadora TIG 200amp
- Soldadora eléctrica y manual

2.1.5 Herramientas Manuales adicionales para complementar los procesos mencionados

- Minitornos Dremel
- Amoladoras
- Agujereadoras
- Caladoras
- Lijadoras orbitales
- Pistolas de calor
- Pinzas, Destornilladores, llaves Allen, Calibres, Formones, Sargentos, Morsas, Aerógrafos, etc.

Todos los equipos digitales y electrónicos son monitoreados y gestionados a través de estaciones de trabajo con computadoras dedicadas exclusivamente al diseño y modelado 3D, haciendo que el laboratorio se transforme en un sistema altamente capacitado para llevar proyectos desde la idea, hasta su prototipado o construcción final, pasando por todas las etapas de desarrollo competitivas hoy en día en el mercado regional.

2.2 Trabajos de alumnos

La ingeniería es concreta. Los ingenieros hacemos cosas que funcionan en el mundo real, con limitaciones de tiempo, presupuesto y materiales. Las limitaciones hacen que la vida sea interesante y lidiar con ellas crea oportunidades para el ingenio y la creatividad [1]. Este espacio de trabajo permite a los alumnos concreción de los proyectos. Estamos convencidos que permitir a los alumnos tener experiencias que se asemejen al mundo real es un gran diferencial en su formación académica.

Thomas Edison dijo *“To invent, you need a good imagination and a pile of junk”* (para inventar, necesitas una buena imaginación y una pila de cachivaches). El DP LAB se convirtió en el espacio adecuado con la pila de cachivaches necesarios para los estudiantes puedan inventar.

La práctica profesional de los ingenieros no es de lápiz y papel, es con software, equipamiento, dispositivos y materiales reales, creamos un espacio para el aprendizaje que permite a los estudiantes aprender haciendo, equivocándose y compartiendo los saberes con sus pares, de modo tal de crear conocimientos profundos y transferibles a otras situaciones.

El trabajo que realizamos con estudiantes plantea proyectos desafiantes, motivadores y concretos, que les permite explorar, crear y equivocarse, trabajando con elementos físicos de la realidad acompañados por docentes que les brinden andamiajes y les den espacio para pensar y reflexionar.

2.2.1 Prácticas de acercamiento

Los alumnos que cursan la materia Diseño de Producto realizan un trabajo de práctica en el laboratorio que les permite tomar contacto con el espacio de trabajo, aprender el uso de las máquinas, herramientas y tecnologías, para que luego puedan utilizar los conocimientos y destrezas para realizar los prototipos necesarios para el proyecto de diseño de productos de la materia en cuestión.

Anualmente unos 100 alumnos realizan estas prácticas. Cada una de estas prácticas es guiada y supervisada por los docentes de la materia. Durante estas prácticas los alumnos tienen una introducción a cuestiones concernientes a seguridad y manejo de máquinas y herramientas.

El trabajo comienza con la interpretación de planos de construcción de elementos, selección de materiales a utilizar, definición de los procesos de fabricación, trazado, fabricación, acabado, presentación y evaluación.

Como ejemplo de estas prácticas en el 2018 cada alumno creó un llavero utilizando 4 materiales diferentes: chapa metálica, acrílico, MDF y PLA (impresión 3D) y diferentes tecnologías de fabricación: manuales, con máquinas herramientas, y con fabricación digital.

2.2.2 Trabajo Práctico Principal.

En la materia Diseño de Producto se realiza un trabajo de proyecto a lo largo del curso (16 semanas). Este proyecto parte de una oportunidad o necesidad de un usuario concreto y específico y se concluye con el primer prototipo del producto solución a este tema.

Este prototipo final, y los intermedios pueden ser realizados en el laboratorio donde los alumnos materializan sus ideas utilizando todos los medios que se encuentran a disposición.

Detectamos que el aprendizaje de los alumnos en el manejo de máquinas y herramientas de todo tipo es algo que en la mayoría de los casos no habían experimentado en toda la carrera.

Hacer y crear es una postura que sitúa al estudiante en el centro del proceso educativo y crea oportunidades que los alumnos jamás podrían haber encontrado por su cuenta. Cuando las personas aprenden, construyen conocimientos a partir de lo que ya saben y han experimentado.

Piaget sugiere que la tarea del docente no es corregir al estudiante desde fuera, sino crear las condiciones para que se corrija a sí mismo. El manejo del error y la invitación a cometerlos como experiencia de aprendizaje resultan clave. Como docentes debemos permitir y fomentar que los estudiantes cometan errores. No se puede hacer bien, sin hacerlo mal (Stager, 2006). El buen aprendizaje es el producto del compromiso reflexivo del alumno con el contenido de la enseñanza [2]. El compromiso reflexivo del estudiante debe estar coadyuvado por el docente a través de realimentación informativa dando consejos claros y precisos para que pueda mejorar el rendimiento y proceder de manera más eficaz.

El impacto que hemos visto en la formación de los ingenieros ha sido enorme, más aun considerando que en las materias terminales de la carrera (las que se dictan desde 4to año en los departamentos terminales de tecnología y gestión) no hay ningún laboratorio en el cual puedan realizar actividades de esta naturaleza.

2.3 Proyectos y vinculación

El objetivo inicial del DP LAB fue ser el espacio de concreción de los proyectos de la materia Diseño de Producto, sin embargo, se convirtió rápidamente en un área de servicios para otras cátedras de la facultad de ingeniería, cátedras de otras carreras de la UBA, investigadores y organizaciones públicas y privadas. Hoy en día es un lugar fundamental de vinculación y desarrollo para estudiantes, docentes, investigadores entre otros.

En estos pocos años de historia, el laboratorio se ha convertido en un *makerspace*, donde se realizan modelos, maquetas y prototipos de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Adicionalmente a lo anterior, y desde el inicio de actividades del laboratorio, se ha generado una conexión importante más allá de las fronteras de la materia que viene generando un alto impacto lo cual potencia las actividades del laboratorio y profesionales que lo dirigen.

Algunos de los proyectos realizados fueron:

2.3.1. Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) - proyecto de FIUBA

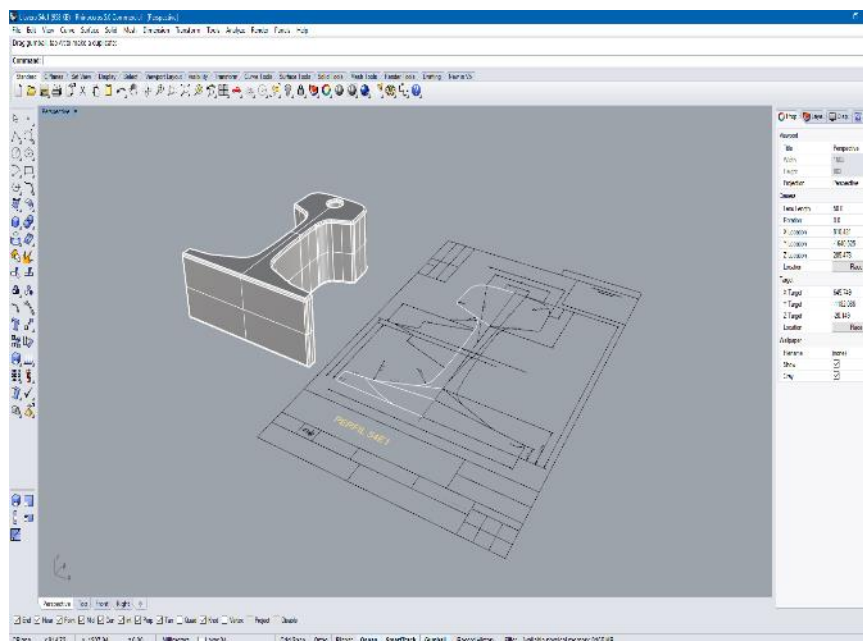
Estos proyectos estuvieron dirigidos a la producción de materiales para la enseñanza para cuatro cursos de la FIUBA: ferroviarias, transporte, petróleo e hidráulica

2.3.1.1. Departamento de Transporte, 68.04 Ferrocarriles.

En este proyecto el objetivo fue complementar la formación de estudiantes por medio de material específicamente generado para la enseñanza de los mismos de manera didáctica y directa. Se mejoró la calidad del conocimiento transmitido y también la conservación de los elementos originales.

Se realizaron materiales didácticos de perfiles de rieles se fabricados en escala 1:1. Estos materiales permitieron que los alumnos puedan apreciar las diferencias entre sus distintas geometrías. Estos materiales didácticos se utilizan para ejemplificar y sirven como apoyo a las explicaciones de los docentes para explicar cuestiones específicas de la tracción ferroviaria, el trazado de las vías y la explotación técnica, entre otras cosas.

Con estas mejoras se benefician unos 200 estudiantes por año.



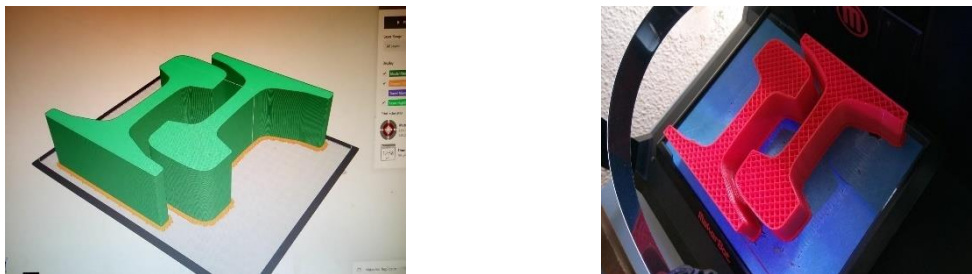


Imagen 1 Desarrollo y producción de perfiles de rieles para uso didáctico para la materia 68.04 Ferrocarriles

2.3.1.2. Departamento de Transporte, 68.02 – Diseño y Operación de Caminos – 68.06 – Transporte

El presente proyecto tuvo por objetivo el diseño, desarrollo y fabricación de un modelo didáctico de un peralte de camino para aplicación en la enseñanza de materias del Departamento de Transporte. A partir del mismo se resolvió el problema que presenta la falta de material de ejemplificación, más específicamente de un modelo en 3D de un peralte de camino con el cual los alumnos pueden interactuar y comprender el desarrollo y evolución de formas en un peralte de caminos típico. El producto fabricado se realizó en 4 partes y se utiliza para explicar y permitir visualizar las transiciones geométricas básicas que lo conforman a lo largo de su extensión.

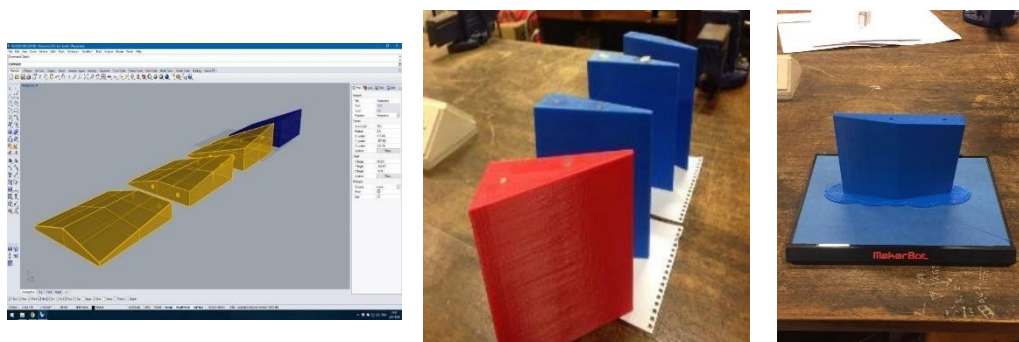


Imagen 2 Diseño y desarrollo de modelo en partes de peralte para uso didáctico para materias del Departamento de Transporte

2.3.1.3. Departamento de Hidráulica, 89.10 - Aprovechamientos Hidráulicos.

El proyecto tuvo por objetivo complementar la formación de estudiantes por medio de material específicamente generado para la enseñanza. Se logró mejorar la calidad del contenido que los docentes presentan a los alumnos, como así también la conservación de los elementos originales actualmente expuestos en los alrededores del Departamento. Creación de material didáctico permitió a los alumnos, mediante la observación a escala de los fenómenos hidrodinámicos de interés, medir parámetros específicos, proponer alternativas al proyecto original y obtener conclusiones sobre el funcionamiento hidráulico del prototipo construido. El proyecto ha sido beneficioso para el Laboratorio de Hidráulica debido a que los docentes pueden tener un mejor desarrollo de sus prácticas a partir de tener un modelo a escala en condiciones óptimas.

Con estas mejoras se benefician unos 150 estudiantes por año.



Imagen 3 Desarrollo de modelo de uso para desarrollo de prácticas de laboratorio en Departamento de Hidráulica

2.3.1.4. Instituto del Gas y del Petróleo.

Este proyecto tuvo por objetivo ejemplificar y representar en con un modelos a escala los componentes y funcionamiento de un separador trifásico de Petróleo. Este modelo permite comprender cómo se desarrolla la separación entre gas, agua y petróleo de un flujo entrante homogéneo a lo largo del recorrido del mismo.

A partir del trabajo se favorece el desarrollo de las clases, fomentando la interacción de los estudiantes con el modelo. El separador trifásico es una herramienta que permite generar una mejor experiencia de aprendizaje

Con estas mejoras se benefician unos 100 estudiantes por año.

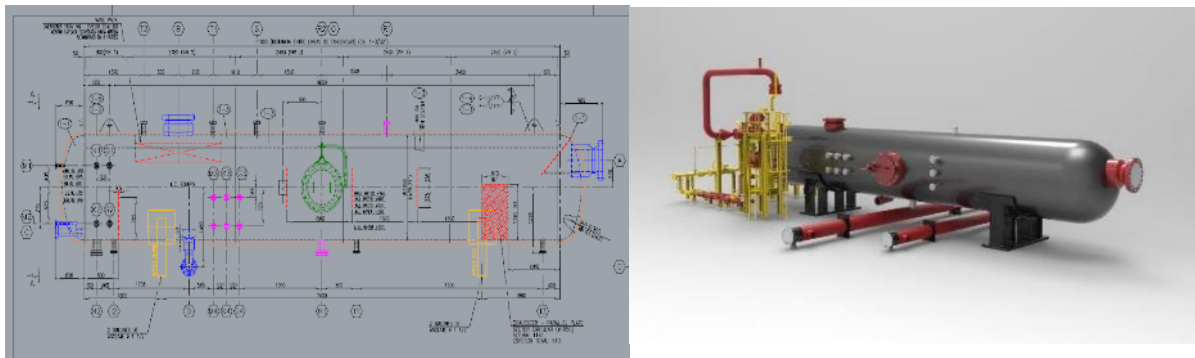


Imagen 4 Desarrollo de planos y modelado de separador trifásico para el Instituto del Gas y del Petróleo

2.3.2. Otros proyectos

- Proyecto de desarrollo estratégico UBA (PDE) que integra FIUBA + FADU-UBA, investigación previa a la creación de una materioteca (librería de materiales) enfocada a materiales para productos de industrias específicas

- Proyecto de desarrollo estratégico UBA (PDE) que integra FIUBA + FMED-UBA, que implica diseño, desarrollo y fabricación de material pre-quirúrgico con tecnologías de fabricación digital

- Proyecto de desarrollo estratégico UBA (PDE) que integra FIUBA + PSICO-UBA, que implica diseño, desarrollo y fabricación de material didáctico para la cátedra de Anatomía de la carrera de Psicología:

- Los alumnos de ingeniería industrial se sensibilizaron en la temática de discapacidad. Tomaron contacto con los profesionales de Terapia Ocupacional y conocieron la situación nacional al respecto. Ahondaron también en el proceso e importancia de empatizar con el usuario desde diversos puntos de vista, abordando problemáticas específicas de TO.

- El conocimiento de los estudiantes de ingeniería de las dificultades que atraviesan las personas con discapacidad generó interés para trabajar en la temática en sus tesis y trabajos finales de graduación con el objetivo de llegar a proyectos de aplicación concreta.

- Los trabajos de las alumnas de “La ocupación y su proceso” en el primer cuatrimestre de 2018 recibieron una devolución de su proceso de diseño y producto por parte del equipo de Ingeniería. Luego trabajaron en sus prototipos en el laboratorio con la colaboración de los becarios de ingeniería y Profesionales en Diseño industrial. Los prototipos finales elaborados en el laboratorio fueron muy superiores a las primeras propuestas elevando el nivel de la entrega final. Cabe destacar esta experiencia como consolidadora en ser la primera intervención en herramientas y procesos de producción tecnológicos para los alumnos.

- Desarrollo de propuesta viable productivamente, Diseño en 3D del producto pronto a imprimirse para testear sus condiciones generales, dimensiones, ergonomía, uso y funcionalidad mediante los beneficios otorgados por la manufactura rápida asistida (i3D).

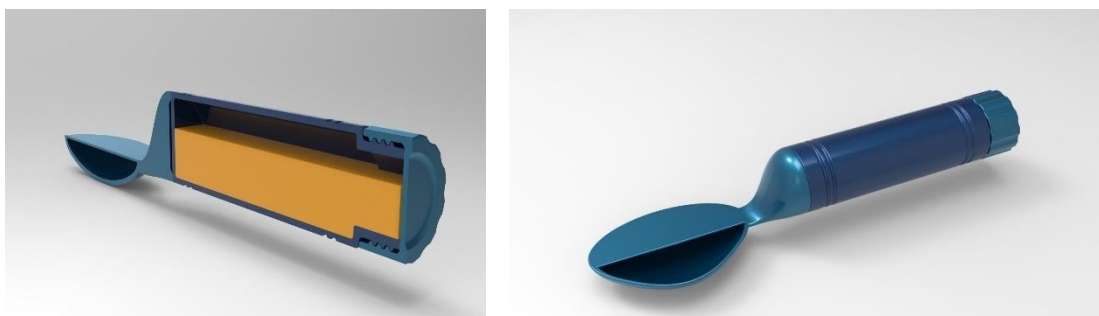


Imagen 5 Renders modelado 3D productivo-
funcional de diseño de cuchara ergonómica

Los resultados del análisis de viabilidad productiva y traspaso del diseño seleccionado a la realidad para prototiparse alcanzaron un estado de avance más que satisfactorio y próximamente se verán realizados aún más diseños en el marco del proyecto.

2.3.3. Colaboraciones con la cátedra de Anatomía I de la Facultad de medicina de la UBA para la producción de partes del cuerpo, huesos, órganos, redes nerviosas y musculares, apuntando a la docencia

El objetivo principal del proyecto fue la producción de material didáctico para la enseñanza de anatomía humana a través de tecnología de impresión 3D con la misma aplicabilidad y eficacia que la preparación cadavérica tradicional.

Este recurso permite presentar estructuras de complejidad elevada, así como también los procesos de disección y conservación. Este tipo de modelados 3D permiten un pos procesado generando un modelo conceptual donde la integración visuoespacial de las relaciones anatómicas complejas se ve intensificada y reforzada generando un mejor acopio de los conceptos teóricos al plano práctico beneficiando el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Adicionalmente, el uso de este tipo de elemento para la enseñanza ofrece un ambiente libre de riesgos biológicos y químicos.

Se realizaron en el laboratorio piezas óseas y órganos blandos, partiendo de huesos humanos reales. Estos huesos fueron escaneados en 3D y luego impresos en PLA en la impresora 3D.

Una ventaja adicional frente a los preparados humanos reales es que permite multiplicar estos materiales y ofrecer las muestras a más alumnos. En la actualidad algunos huesos son muy frágiles y no siempre se encuentran disponibles para las clases de anatomía. Un ejemplo de esto es el atlas y el axis.

A partir de este proyecto, se ha realizado un desprendimiento de este laboratorio y los miembros de este equipo han creado un laboratorio ad-hoc en la facultad de medicina. Laboratorio de Diseño Experimental en 3D, dependencia de la Secretaría de Tecnología Educativa de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires a cargo del Prof. Dr. Sergio Luis Provenzano.



Imagen 6 Escaneo y reconstrucción digital de piezas óseas humanas para su uso en docencia en la materia Anatomía I de la Facultad de medicina de la UBA

2.3.4. Servicios a empresas

Molinos Río de La Plata S.A. Desarrollo de prototipos y de matricería experimental para el lanzamiento de nuevos productos

Desarrollo de prototipos y de matricería experimental para el lanzamiento de nuevos productos: Proyecto Supremitas Granja del Sol.

El objetivo de este proyecto fue realizar un producto comercial imitando los trozos reales de pollos, específicamente “pechuguitas de pollo” (denominadas técnicamente *inner fillet*). Para ello se partió de pechuguitas frescas seleccionando “las más lindas”. Estas se congelaron y luego se digitalizaron mediante un escáner 3D a fin de poder obtener una imagen digital en tres dimensiones de un elemento con morfología orgánica.

Con los modelos seleccionados se diseñaron moldes en Rhinoceros® para poder conformar el producto. Estos moldes fueron impresos en 3D. Con los moldes se hicieron las formas de pollo utilizando pollo picado y se rebozaron las figuras.

Las figuras rebozadas fueron testeadas hasta obtener los formatos definitivos. El producto hoy se encuentra en el mercado, y según la información del equipo de Molinos, el producto fue de gran aceptación en el mercado.

2.4 Proyectos de investigación

No solo se acercaron cátedras y empresas al DP LAB, sino que también investigadores de la universidad pidieron colaboración al equipo para desarrollar equipos y elementos necesarios para proyectos de investigación. A continuación, se presentan algunos ejemplos.

2.4.1 *Diseño de Reactores continuos. Dispositivos para el tratamiento y la purificación de efluentes contaminados. Diseño de reactores de adsorción experimentales para la eliminación de metales pesados en aguas para consumo humano.*

A partir de diferentes ideas, croquis y bocetos se realizó la construcción de reactores cerrados y de flujo continuos para experimentación a escala de laboratorio. Estos dispositivos permitieron observar el comportamiento y eficiencia de sorbentes de distintas características.

Para su construcción se utilizaron tecnologías aditivas y sustractivas.

Con la finalidad de probar la capacidad de retención de distintos sólidos en un reactor de bajo costo, se diseñaron reactores de tipo tubular y tanque agitado continuo. Para alcanzar el objetivo se utilizaron tubos de acrílico transparente que permitiera ver el comportamiento del relleno en el lecho, con racores comerciales en los extremos y piezas diseñadas e impresas en 3D. El reactor TAC cumple con la finalidad de corroborar la cinética encontrada en reactores de tipo TAD. Se construyeron reactores TUB de diversos volúmenes con el objeto de medir las desviaciones de la idealidad ante distintos saltos de escala, lo que permitirá diseñar el prototipo con mayor certeza. Para conocer el funcionamiento fluidodinámico, se realizaron ensayos con soluciones patrón, obteniendo el módulo de dispersión axial.

Estos trabajos forman parte de varios proyectos de investigación y tesis de posgrados.



Imagen 7 *Diseño integro estructural y fabricación digital de reactores continuos para tratamiento y purificación de efluentes contaminado*

2.4.2 *Proyecto desarrollo estratégico: Bolso Juguetero*

El objetivo de este proyecto fue diseñar y fabricar piezas en material MDF para el proyecto “Bolso Juguetero” en el marco de la convocatoria UBACYT – PDE 2016 (Proyectos de Desarrollo Estratégico).

El “Bolso Juguetero” es un kit con juguetes, confeccionado para estimular el desarrollo de la Inteligencia Práctica de los bebés durante los dos primeros años de vida. Consta de 16 juguetes y el bolso en sí mismo que forma parte de un elemento más de juego. Cada proyecto estimula un aspecto de la inteligencia práctica como la exploración de objetos, el uso de intermediarios de distinta complejidad, la combinación de objetos y la búsqueda de objetos desaparecidos.

Se diseñaron y fabricaron más de 50 piezas, con su posterior proceso de terminación. Para ello se utilizaron las siguientes herramientas: router CNC y lijadora de banda entre otras herramientas de uso manual.

Siguiendo su desarrollo en 2019, el proyecto se encuentra financiado por UBATEC, en estado de Rediseño íntegro con el fin de lograr un producto de calidad industrial completamente apto para insertarse en el mercado local de forma satisfactoria.

2.5 Educación y capacitación

A medida que se fueron realizando proyectos de vinculación e investigación, las actividades y capacidades del DP LAB se fueron conociendo en distintos ambientes, entonces, casi sin proponérselo nos pidieron que dictáramos algunas capacitaciones o talleres de distintos tipos, a continuación, presentamos algunos de los que realizamos.

2.5.1 Diseño de producto – en Terapia ocupacional (UBATIC)

El objetivo fue “Potenciar la enseñanza en el nivel superior a través de las nuevas tecnologías”.

Con la incorporación de laboratorio como lugar de trabajo se propuso acompañar a los alumnos de Terapia Ocupacional para que conozcan la gestión del diseño de producto y las posibilidades de materialización para elementos de apoyo de distintas tecnologías productivas en baja y gran escala. Los estudiantes de Terapia Ocupacional (TO) fueron guiados por docentes de la cátedra de Diseño de producto en el desarrollo de sus proyectos y luego asistieron al laboratorio donde materializaron sus prototipos funcionales con la ayuda de los becarios que colaboran allí.

El trabajo interdisciplinario también busca llevar a los alumnos de Ingeniería industrial a visualizar el entendimiento, trato y relevamiento del usuario desde una perspectiva más profunda y compleja, ahondando en los mecanismos de interacción propios de TO mediante desarrollos de productos sensibles hacia la gente con alguna discapacidad en la vida cotidiana.

Los trabajos alumnos de “La ocupación y su proceso” en el primer cuatrimestre de 2018 recibieron una devolución de su proceso de diseño y producto por los miembros del DP LAB.

Los prototipos fueron realizados en el DP LAB con resultados muy superiores a los presentados en entregas preliminares. Se observó una gran mejora en el resultado de los productos.

Se realizó el desarrollo de una propuesta viable productivamente. Se realizaron diseños en 3D de los productos, se realizaron impresiones 3D y se realizaron pruebas de los productos en condiciones generales, verificando dimensiones, ergonomía, uso y funcionalidad.

2.5.2 Curso abierto de programación con Arduino

Este curso permitió a más de 10 personas aprender conocimientos básicos de programación de Arduino. Este curso fue de carácter teórico práctico y en 6 encuentros de 4 horas pudieron aprender cuestionamientos tales como ¿Qué es un microcontrolador? ¿Qué es ARDUINO? ¿Qué quiere decir que ARDUINO sea “Software libre”? ¿Qué quiere decir que ARDUINO sea “Hardware libre”? ¿Qué es un IDE? Instalación de IDE ARDUINO Primer contacto con el IDE Configuración y comprobación del correcto funcionamiento del IDE – LENGUAJE ARDUINO. Estructura de un programa. Sintaxis Estructuras de control. Las variables. Las constantes Funciones. LIBRERIAS ARDUINO, USO DE SENSORES y SHIELDS Las librerías oficiales. Sensores y la gran ventaja del uso de Shields. COMUNICACIÓN Serial Funciones de comunicación serial.

2.5.3 PIE: Programa de Emprendedurismo Social a demanda del GCBA, Curso diseños y desarrollo de productos. Taller teórico-práctico realizado en el DPLAB para emprendedores sociales organizado por el GCABA

El Programa de Integración Emprendedora (P.I.E.) del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires trabaja capacitando a emprendedores en condiciones de vulnerabilidad en temas de emprendedurismo.

En los últimos años de trabajo han detectado una falencia específicamente en el diseño de los productos presentados por los emprendedores, razón que resulta un obstáculo que dificulta su comercialización.

En este contexto, creamos un curso teórico práctico que permitió a decenas de emprendedores mejora en forma crítica el diseño de sus productos, sus envases, embalajes, procesos, costos, entre otros elementos. El objetivo central de estos trabajos perseguía incrementar las ventas a través de mayor aceptación de productos, mejoras de calidad, diseño, aspecto, costos, etc.

Ante la necesidad planteada, se armó un programa que combinaron la sensibilización en temas estratégicos con trabajos netamente prácticos que permitieron a cada emprendedor integrar los conceptos aprendidos directamente a sus productos.

Los principales conceptos que desarrollados fueron:

- Diseño Centrado en el Usuario
- Líneas o familias de productos
- Materiales. Exploración y uso de los mismos
- Creatividad aplicada sus productos y proyectos
- Envases y Embalajes.
- Uso de la marca como agregado de valor. Aplicación en producto, envase, comunicación

Se trabajó con cada emprendedor en forma individual, haciendo foco en los elementos que necesitaban mayor foco a la hora de realizar el taller. En cada encuentro se trabajaron aspectos teóricos y se plasmaron directamente en el proyecto o producto sobre el que cada uno trabajó.

En este espacio logró como consecuencia no planeada la conexión entre emprendedores formando una red y logrando colaboraciones y sinergias muy significativas que de otra forma no se hubiesen logrado.

Hemos realizado 5 ediciones de este curso, logrando alcanzar unos 50 emprendimientos de distintos tipos, logrando mejoras significativas en distintos aspectos de sus productos.

3. CONCLUSIONES.

Se tienen como objetivos de largo plazo del DP LAB el ser un área de referencia y núcleo de vinculación a nivel nacional, que permita formar recursos humanos para la industria y, a la vez, ser un centro con capacidades de innovación y desarrollo suficientes para atender demandas del mundo productivo, tanto grandes como pequeñas y medianas empresas. Centrándose plenamente en fomentar ambientes interdisciplinarios como herramienta formadora de pensamiento crítico y moldeadora de aptitudes interpersonales.

Se puede decir entonces que luego de varios años de trabajo en este espacio, consideramos que gran parte de esos objetivos se cumplieron con creces. Se pretende seguir siendo un lugar de encuentro de ideas y concreciones, entre aprendientes y enseñantes, entre materiales y herramientas, entre tecnologías y capacidades.

Queremos seguir dando la posibilidad de no solo transferir conocimiento a los alumnos en un entorno de Libertad, Creatividad y Amabilidad, aportando valor agregado a la sociedad, si no también el que esos mismos actores sean fuentes de crecimiento para el laboratorio mismo, fortaleciéndolo constantemente y preparándolo para afrontar desafíos nuevos cada vez mas complejos y ambiciosos.

El desafío por delante es seguir utilizando eficazmente las tecnologías y recursos disponibles en la actualidad para que estén siempre al servicio de los intereses de los estudiantes y de toda la comunidad educativa y lograr seguir incorporando nuevas tecnologías y procesos.

El DP LAB es un lugar nuevo, joven y que sin ningún lugar a dudas está en el camino correcto y que juega un papel de gran importancia en el proceso educativo de los ingenieros

Concebimos el DP LAB como un caso de éxito que superó ampliamente nuestras expectativas casi de manera involuntaria, transformándose en un espacio o *hub* de conocimiento siendo el nexo entre la academia y el mundo profesional.

4. REFERENCIAS.

- [1] Sylvia Livow Martinez; Gary Stager (2019). *NIinventar para Apender*. Siglo XXI
- [2] Perkins, D. (1995). *Escuela inteligente* (Vol. 17). Barcelona: Gedisa.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la facultad por proponernos trabajar en un ambiente de Amabilidad, Libertad y Creatividad, en especial al Ing. Raimundo Heber González García, fundador de la Materia Diseño de Producto y al Dr. Ing. Aníbal Cofone, director de Carrera de Ingeniería industrial, Profesor de la Materia Diseño de Producto, Maestro, Mentor, Soñador y Amigo.

La Educación en la Ingeniería Industrial - evolución hacia el Ingeniero Digital

Ferrari, Lucas Andrés; Cofone, Anibal

Universidad de Buenos Aires (UBA) – Facultad de Ingeniería (FIUBA) – Av. Las Heras 2214 - C1127AAR - Buenos Aires – Argentina

RESUMEN

Analizando la historia industrial mundial, tenemos 4 revoluciones bien definidas. La primera, con la mecanización, energía hidráulica y maquinaria de vapor. La segunda, con la incorporación de la energía eléctrica para la producción en masa con las líneas de montaje. La tercera, con una notable automatización, control computarizado y electrónica. En la actualidad estamos atravesando la cuarta revolución industrial caracterizada por el volumen de la información y la informatización de la fabricación. Entendiendo que la Argentina tiene diferentes empresas, con mayor o menor grado de avance en cada una de las tecnologías, es posible ver la oportunidad de formar ingenieros que mejoren la industria con el conocimiento adquirido tanto en lo académico como en la experiencia laboral. Podríamos destacar distintos KPI's en cuanto a la transformación digital en el mundo y en Argentina. Si puntualizamos a modo de ejemplo en el Ecommerce, podemos ver como Argentina lidera ese cambio y la tendencia mundial acompaña ese crecimiento. Este, como otros indicadores desarrollados en el trabajo, muestran de qué forma estos cambios nos están atravesando y como ingenieros tenemos que estar formados para afrontarlos de la mejor manera. Esto no solo involucra conceptos técnicos, sino también otras habilidades blandas y duras que deberán desarrollarse durante nuestra carrera como ingenieros digitales. Proponemos una distribución de asignaturas de forma estratégica que están principalmente enfocadas a la última revolución industrial, manteniendo así las bases ya establecidas y perdurables. Creemos que es fundamental que el ingeniero digital tenga unos requisitos de graduación vinculados con temáticas de internacionalidad, empresas, gestión y universidad en donde potenciará su perfil profesional. Es importante resaltar que el modo de llevarlo a cabo es con una modalidad mixta, presencial y virtual para obtener los mayores rendimientos y democratizar la educación en cuanto a lo geográfico. Como resultado tendremos un ingeniero con herramientas, conceptos y habilidades de este siglo, preparándose para gestionar las tecnologías e industrias que marcan y marcarán el trayecto mundial. Entendemos que este cambio es inminente y que la universidad deberá tomar un papel protagónico para satisfacer estas necesidades, ya que de lo contrario otras entidades tomarán la iniciativa para formar los profesionales que demanda esta nueva industria.

Palabras Claves: Transformación digital, Ingeniero Digital, Internacionalidad, Educación del Futuro.

ABSTRACT

Analyzing the world industrial history, we have 4 well defined revolutions. The first, with mechanization, hydraulic power and steam machinery. The second, with the incorporation of electrical energy for mass production with assembly lines. The third, with remarkable automation, computerized control and electronics. We are currently going through the fourth industrial revolution characterized by the volume of information and the computerization of manufacturing. Understanding that Argentina has different companies, with a greater or lesser degree of advancement in each of the technologies, it is possible to see the opportunity to train engineers that improve the industry with the knowledge acquired both in academics and in work experience. We could highlight different KPIs in terms of digital transformation in the world and in Argentina. If we point out as an example in Ecommerce, we can see how Argentina is leading this change and the world trend accompanies this growth. This, like other indicators developed in the work, show how these changes are going through us and as engineers we have to be trained to face them in the best way. This not only involves technical concepts, but also other soft and hard skills that will need to be developed during our career as digital engineers. We propose a strategic distribution of subjects that are mainly focused on the last industrial revolution, thus maintaining the bases already established and enduring. We believe that it is essential that the digital engineer has graduation requirements related to internationality, business, management and university issues where they will enhance their professional profile. It is important to highlight that the way to carry it out is with a mixed, face-to-face and virtual modality to obtain the highest returns and democratize education in terms of geography. As a result, we will have an engineer with the tools, concepts and skills of this century, preparing to manage the technologies and industries that mark and will mark the world journey. We understand that this change is imminent and that the university must take a leading role to satisfy these needs, since otherwise other entities will take the initiative to train the professionals that this new industry demands.

Keywords: Digital Transformation, Digital Engineer, Internationality, Education of the Future.

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se busca analizar diferentes facetas de la carrera Ingeniería Industrial con sus componentes actuales contrastándolo con el contexto actual mundial. Se analiza el modo de ejecución en el cual se lleva a cabo esta enseñanza, algunos requerimientos analizados para mejorar el arribo al mundo laboral, distintas dinámicas coyunturales de este siglo en donde se ven los quiebres de los comportamientos de las sociedades y como se encuentra ahora la carrera desde la óptica de la FIUBA (Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires).

El Objetivo de este es plantearnos interrogantes en diferentes aspectos sobre la enseñanza que estamos efectuando en el día de hoy para los futuros ingenieros y como se encuentra correlacionada con lo que solicita el nuevo siglo y su ambiente laboral.

Luego de plantear estos interrogantes buscaremos proponer de forma esquemática hacia donde tendría que evolucionar la carrera, cuáles serían los puntos “infaltables” y por último una propuesta de cómo llevarlo a cabo. Cabe aclarar que este documento no tiene como objetivo ser un plan de estudios completo, sino poder analizar la realidad mundial con datos fehacientes y proponer un cambio estratégico sobre qué conocimientos debería tener el Ingeniero Digital y con qué metodología debería darse.

Estamos en conocimiento que para realizar un plan de estudios nuevo se debería analizar adicionalmente otras facetas que quedan por fuera del alcance de este documento, el cual busca tener una visión estratégica y holística, para luego realizar un análisis de implementación de este.

2. DESARROLLO

Comenzando con la evolución de la industria en función del tiempo y cuáles fueron los factores fundamentales, podemos nombrar 4 tipos de quiebres en la historia. [1]

El primer gran cambio de la producción apareció con la Industria 1.0. En ella primaba la mecanización en la producción, la energía hidráulica y la maquinaria de vapor. Esto fue un paso fundamental para la humanidad donde brindaba otra posibilidad de ejecutar distintas tareas más allá de lo manual/artesanal.

El segundo cambio fue la Industria 2.0 donde comenzaba a preponderar la energía eléctrica impulsando los sistemas de producción en masa con sus líneas de montaje. Diferentes sistemas como el Fordismo tenían un papel importante en el esquema de producción relativo a la época.

Como tercer gran cambio se establece la Industria 3.0 donde la automatización/control computarizado y la electrónica amplían el espectro de como traer nuevas tecnologías a la producción ya establecida, logrando cambios significativos en sus contextos.

Hoy estamos transitando la Industria 4.0, término acuñado en Alemania en la década del 2010, buscando darle un nombre a la mejora de productividad en su industria manufacturera. Haciendo que el término “Industria 4.0” se convierta en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán. Logrando así que se instale mundialmente como referencia conceptual de la Cuarta Revolución Industrial. Esta se caracteriza por el volumen de información que genera y puede procesar, esto se da gracias a la informatización de la fabricación y su transformación digital por medio de la conectividad y los sistemas que sostienen todo su ecosistema. (Figura 1)

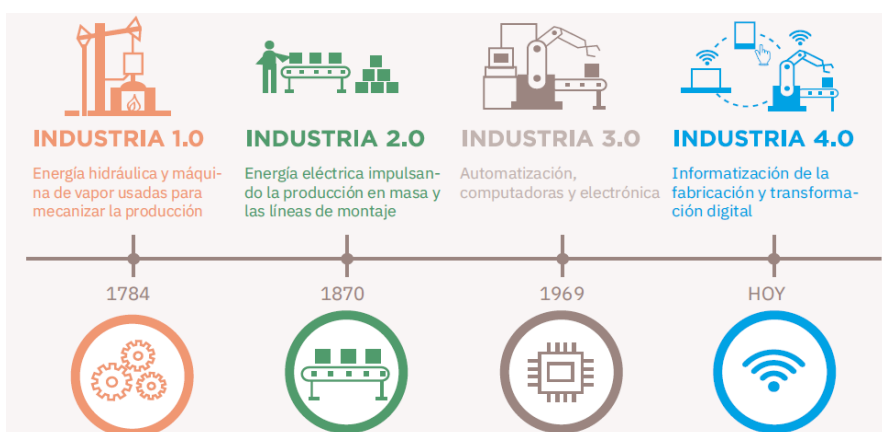


Figura 1 Evolución de las revoluciones industriales.

Fuente: [1]

Adoptando la estructuración de los escenarios o estadios tecnológicos de las empresas industriales según su grado de integración, conexión e inteligencia utilizados podemos destacar 4 tipos de generaciones. [1]

Generación 1 (G1) -Producción rígida: automatización rígida y aislada con el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TICs), en contabilidad, en el proyecto o en la producción.

Generación 2 (G2) -Producción flexible: automatización flexible o semi-flexible con el uso de TICs, sin integración o sólo integración parcial entre las áreas de la empresa (por ejemplo, CAD-CAM (Diseño Asistido por Computadora-Fabricación Asistida por Computadora), que integra el proyecto y la producción).

Generación 3 (G3) -Producción integrada: uso de las TICs y automatización con integración y conexión en todas las actividades y áreas de la empresa.

Generación 4 (G4) -Producción conectada e inteligente: uso de las TICs de forma integrada, conectada e “inteligente”. Presencia de retroalimentación de información sobre operación para apoyar la toma de decisiones.

Si representamos estas 4 generaciones en función de las áreas funcionales pertinentes a una industria, podemos destacar las siguientes tecnologías (Figura 2):

	RELACIÓN CON PROVEEDORES	DESARROLLO DE PRODUCTO	GESTIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS	RELACIÓN CON CLIENTES	GESTIÓN DE LOS NEGOCIOS
G.1	Transmisión manual de pedidos.	Sistema de proyecto auxiliado por computadora.	Automatización simple (rígida) con máquinas no conectadas.	Ejecución manual de registros y contratos.	Sistemas de información independientes específicos por departamento.
G.2	Sistemas de transmisión electrónica de pedidos.	Sistema integrado de diseño, fabricación y cálculo de ingeniería con ayuda de software.	Procedimiento parcial o totalmente automatizado.	Automatización de las ventas.	Sistemas compuestos por módulos y base de datos integrados.
G.3	Soporte informático de los procesos de compras, stocks y pagos.	Sistemas integrados de gestión de datos del producto.	Sistemas integrados de ejecución de procesos.	Sistema integrado para múltiples canales y soporte basado en internet.	Plataforma web con bases de datos para apoyar análisis de negocio.
G.4	Seguimiento en tiempo real de pedidos y de logística de proveedores.	Sistemas virtuales de desarrollo.	Comunicación M2M (de máquina a máquina) u otros sistemas de producción inteligente.	Monitoreo y gestión del ciclo de vida de los clientes.	Procesos de negocio automatizados con apoyo de inteligencia artificial.

Figura 2 Tecnologías por generación tecnológica y área funcional.

Fuente: [1]

Teniendo estas categorías claras en función de los estados de digitalización de las empresas, podemos ver como el actual Ingeniero Industrial tendrá que tomar como nuevo Ingeniero Digital diferentes herramientas/capacidades/conocimientos/habilidades entre otros factores, para poder desempeñarse correctamente en las industrias.

La idea troncal de este trabajo es analizar el cambio de contexto que se da como resultado de las revoluciones que atraviesan a la humanidad, generando nuevas necesidades de aprendizajes relativas al contexto que están viviendo y van a vivir en un futuro los ingenieros. No dejando de capitalizar del ingeniero industrial la visión integral, resolución de problemas complejos y la visión holística, entre otras cosas.

Buscamos desarrollar profesionales que “tengan lo mejor de los 2 mundos” manteniendo la base estructural, lo resolutivo y distintivo del Ingeniero Industrial frente a otras carreras, pero potenciándolo con todas las facetas digitales para formar parte de la plantilla de profesionales que distinga a la Argentina frente al mundo.

Según el estudio del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) [1] sobre 307 empresas argentinas, identificaron 3 grandes grupos:

- 1- El 49% de las firmas encuestadas poseen tecnologías de primera y segunda generación G1 - G2.
- 2- El 45% de las firmas encuestadas posee tecnologías intermedias, es decir que oscilan entre G2 - G3.
- 3- El 6% de las firmas encuestadas se consideran con tecnologías avanzadas G3 - G4 y que en su mayoría están tomando acciones para acercarse a la frontera 4.0.

En estas métricas se puede ver el grado de digitalización que posee la muestra tomada considerando que en Argentina contamos con 856.300 empresas, donde el 83% de las cuales son microempresas, 16,8% pymes y solo 0,2% grandes compañías.

Podríamos contemplar que esas métricas podrían quedar comprometidas con un estudio más exhaustivo sobre la digitalización empresarial en función de sus áreas funcionales.

2.1 Digitalización

2.1.1 Digitalización en Argentina

Entendiendo el contexto empresarial y su grado de digitalización de acuerdo con sus distintas áreas funcionales, podemos visualizar algunas métricas de Argentina dónde mostramos la influencia de la tecnología digital dentro del país. [5, 6]

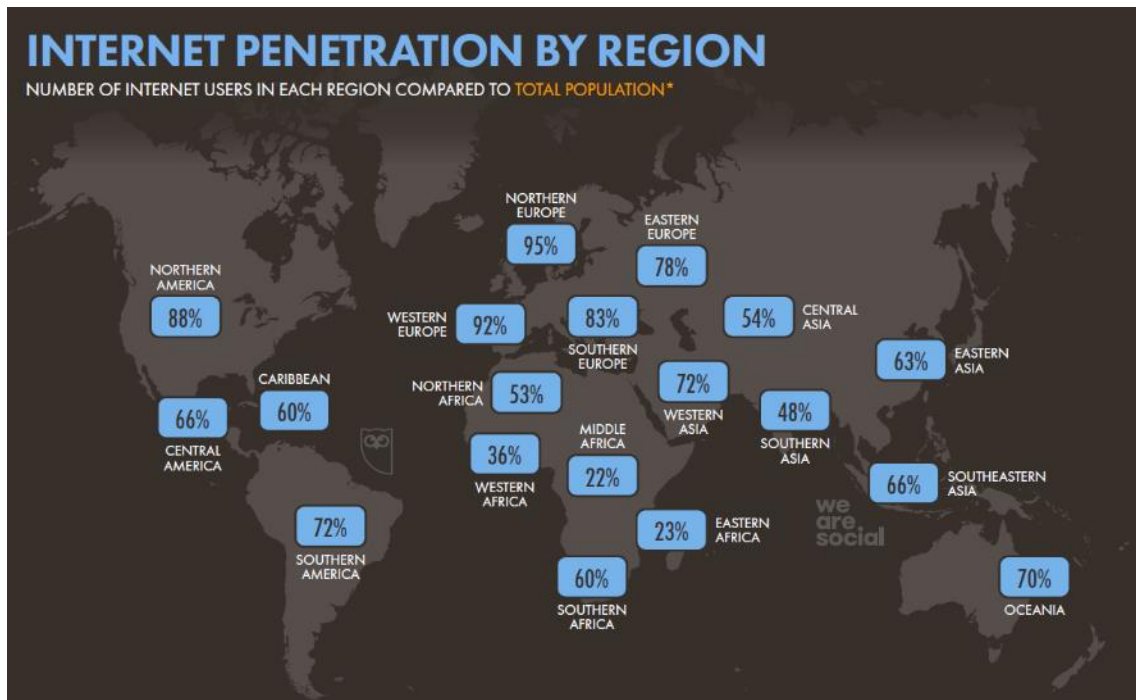


Figura 3 Penetración de Internet por Región.
Fuente: [5]

En Argentina la población es de 44.99 millones de personas, en donde se cuenta con 58.21 millones de conexiones de celular, 35.09 millones de usuarios de internet y 34 millones de usuarios de redes sociales activos, por lo que podemos notar que tenemos una gran presencia online.

La tendencia de las métricas anteriores viene ascendiendo desde 1 punto porcentual hasta 7 puntos porcentuales aproximadamente de acuerdo con cada categoría analizada en el siguiente gráfico (Figura 4).

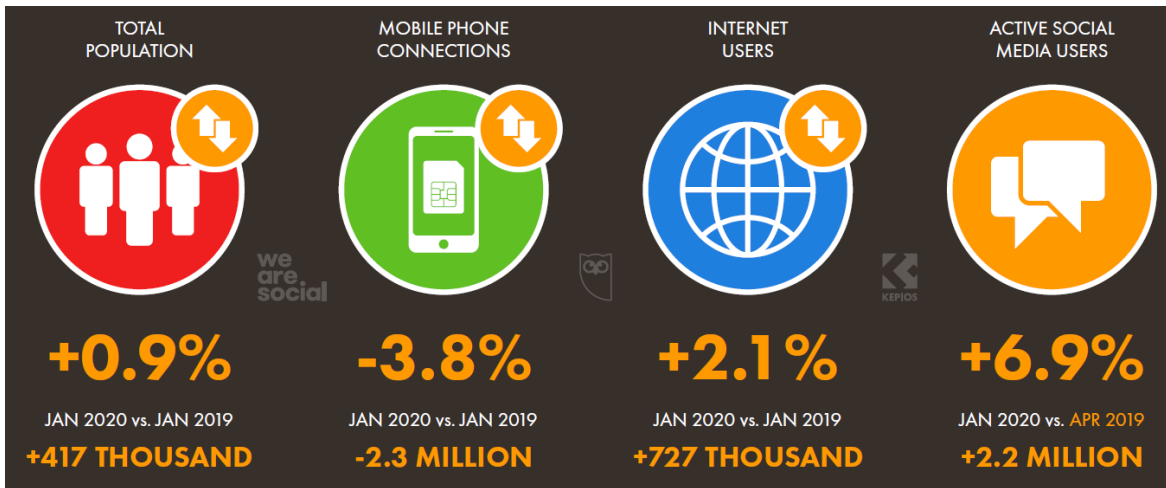


Figura 4 Indicadores de crecimiento digital.
Fuente: [5]

Entendiendo las características contextuales y sumándole las de comportamiento podemos ver donde se encuentra la atención de la población argentina. Tendremos que enfocar nuestros esfuerzos para producir productos y servicios que estén vinculados directa o indirectamente donde estos individuos estén interactuando.

Por ejemplo, podemos ver el tiempo promedio invertido por día de usuarios de internet entre 16 y 64 años dentro de diferentes medios o servicios.

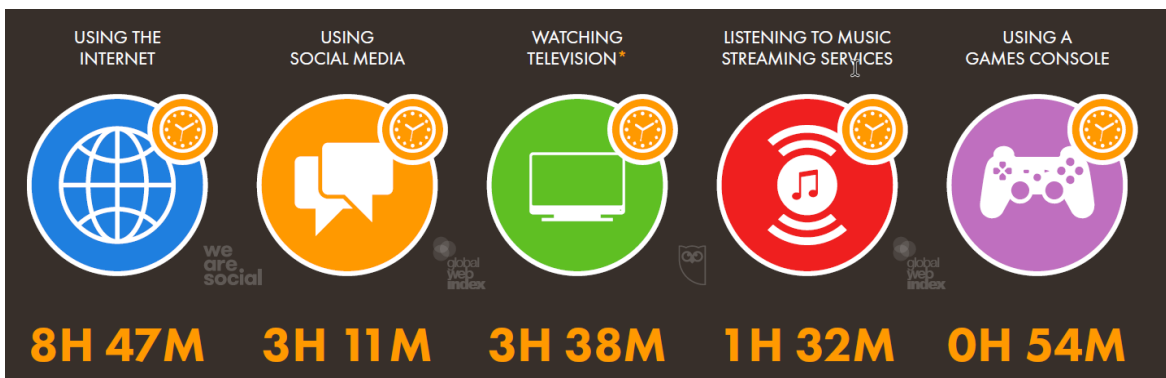


Figura 5 Tiempo promedio invertido por día de usuarios de internet entre 16 y 64 años.
Fuente: [5]

Por lo que las industrias y la economía deberán tener un componente analítico preponderante para alimentar esta demanda digital de bienes o servicios. Quedando de nuestro lado formar a los profesionales que puedan mantener y mejorar este nuevo contexto.

2.1.1 Digitalización Mundial

En cuanto a la digitalización mundial y sus componentes tienen una distribución distinta en cada región y con mayor o menor incidencia relativos a cada una de ellas.

Analizando el panorama global podemos ver como la digitalización mundial tiene las siguientes características:

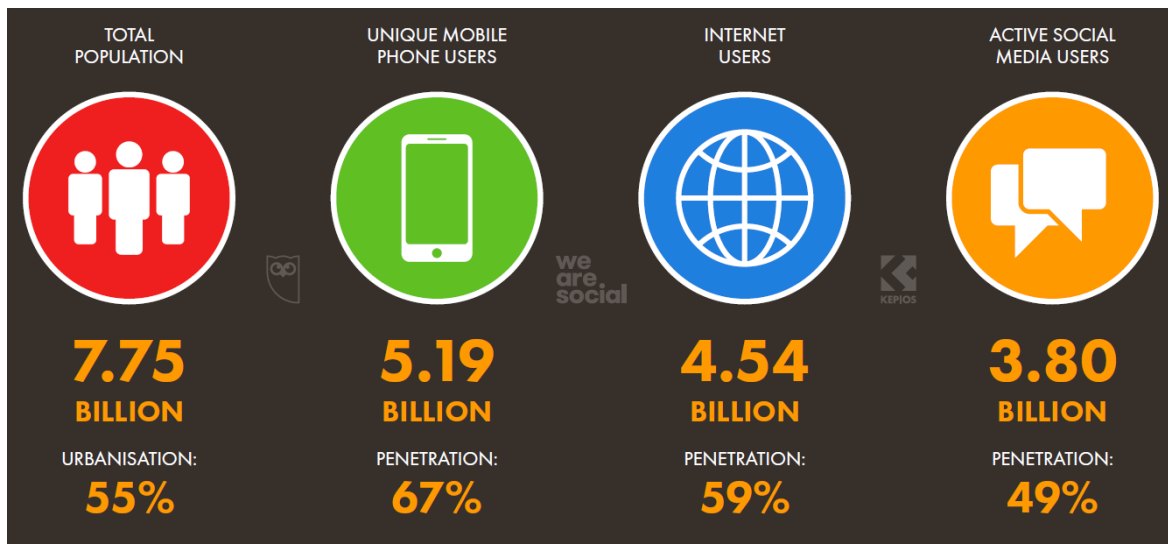


Figura 6 Digitalización mundial 2020.
Fuente: [6]

Visualizando el panorama mundial se evidencia también una tendencia creciente de acuerdo con el avance de la tecnología por su mayor grado de utilización. A continuación, podemos ver su crecimiento:

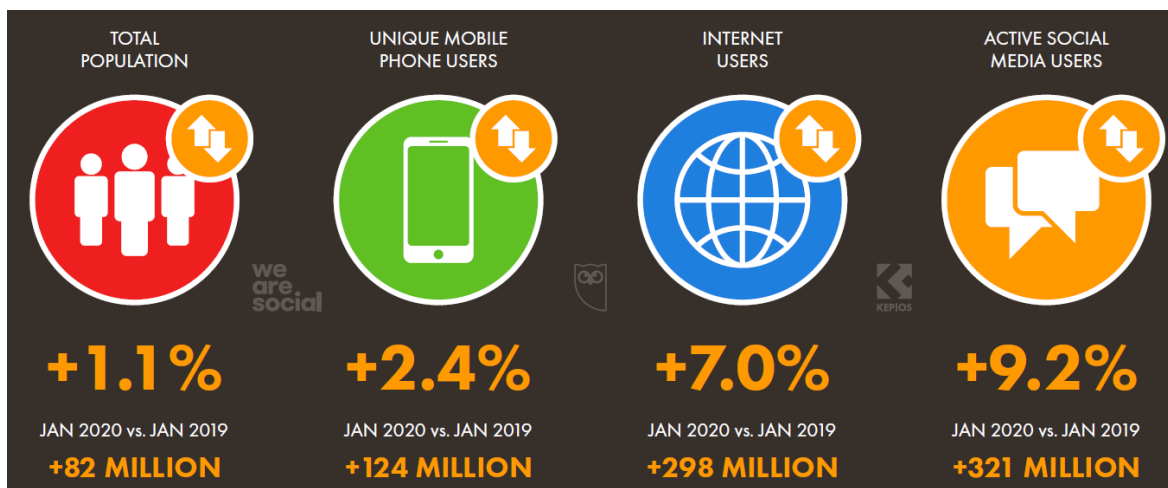


Figura 7 Digitalización mundial 2020.
Fuente: [6]

Este crecimiento mundial se encuentra cercano al de Argentina en cada temática levemente por debajo de la media.

Si analizamos distintas métricas de Argentina relacionadas a la utilización de las herramientas digitales y la conectividad, podemos destacar la diferencia frente al mundo.

En el siguiente gráfico destacamos el crecimiento anual porcentual del Ecommerce (comercio electrónico) en Argentina versus Resto del mundo. Argentina lidera este crecimiento con el 47% a diferencia de la media de todo el mundo que está en 18%. Por lo tanto, debemos tener el personal capacitado para poder llevar a cabo ese cambio sociocultural de compra-venta y todo lo que implica en la cadena de valor asociada a cada mercado.

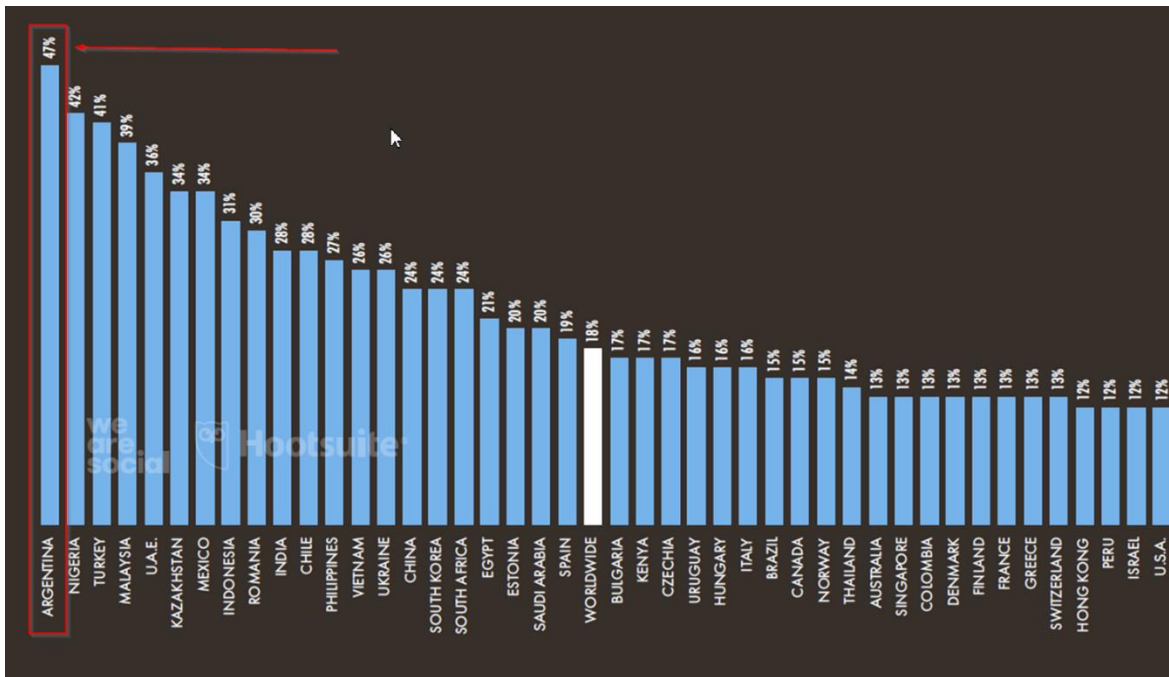


Figura 8 Ratio de crecimiento anual del Ecommerce (comercio electrónico).
Fuente: [6]

2.1.3 La digitalización en el trabajo

Estos contextos de cambio generalmente se encuentran polarizados en 2 posturas. En primer lugar, los que anuncian una futura reducción en las solicitudes de empleos, ya que éstos serán reemplazados por máquinas. En segundo lugar, se encuentran los que pronostican que existirán la misma cantidad de puestos de trabajo, pero con mejores condiciones, personal más calificado y mejoras en el bienestar del trabajador.

Lo que es naturalmente comprobable es que estamos atravesando cambios en el ámbito laboral, por lo que los requerimientos serán distintos a los tradicionales.

Queda en evidencia que esta revolución llevará a los extremos las habilidades y los conocimientos. Se valorarán los “Soft Skills” (habilidades blandas) de avanzada y la conexión de ese lenguaje con las herramientas que nos vinculan al mundo digital utilizando los “Hard Skills” (habilidades duras) para validarlo. En cualquier ámbito laboral se necesitará este mix de habilidades previamente desarrolladas para cada área, preponderando los perfiles “T” que incluyen habilidades específicas y a la vez una visión integral de todo el contexto.

Algunos de los principales “Skills” que se destacan en este 2020 son los siguientes:



Figura 9 Top Soft & Hard Skills.
Fuente: [7]

2.2 Propuesta de DISTRIBUCIÓN DE ASIGNATURAS

Como solución a lo enunciado, planteamos una distribución de asignaturas que incluye diferentes temáticas fundamentales [2,4]:

Tabla 1 *DISTRIBUCIÓN DE ASIGNATURAS - Ingeniero digital.*

Ciencias
Asignaturas Científicas: Álgebra, Análisis Matemático, Física y Química (todos con simulaciones prácticas digitales)
Comercialización
Buscadores y Redes Sociales
Canales de Venta (Ecommerce, Marketplace (mercado en línea), A-commerce (comercio automático), puntos físicos)
Generación de Contenidos
Producción audiovisual
Psicología de la atención y UX (experiencia de usuario)
Psicología del consumidor
Publicidad Digital
Creatividad
Diseño de Producto, con diseño y ejecución 3D/AutoCAD/Programas de modelado
Innovación
Data Management
Big Data
Ciencia de Datos
Estadística 1, 2 y 3
Machine Learning (aprendizaje automático)
Distribución
Comercio Exterior
Logística (nacional e internacional)
Empresa
Contratación y comunicación (Recursos Humanos y todas sus implicancias para empresas)
Gestión de Costos y estructuras contables empresariales
Impuestos y jurisdicciones, nacionales e internacionales
Ingeniería Financiera (con simulación de casos y posibles escenarios)
Levantamiento de capital (nacional e internacional)
Relaciones con Inversores, Bancos, Cartas de crédito, etc.
Servicios
Startups y su Implementación (estructuras, escalabilidad, identidad empresarial, etc.)
Gestión
Estrategia y procesos digitales y no digitales
Idiomas con enfoque empresarial y de negocios
Productividad, gestión de tareas y liderazgo con simulaciones y prácticas de laboratorio, etc.
Industria
Industria 4.0
Industria High Performance (Espacial, Automovilismo, Bioingeniería)
Producción e Industrias (enfocadas con simuladores prácticos)
Legal
Legales: Creación de Sociedades, Marcas, Patentes, Modelos de Utilidad, Responsabilidades de emprendimientos
Mercado
Economía (Macro, Micro, simulaciones)

Estudios de Mercados y tendencias con algoritmos, calendarios comerciales, etc.
Proveedores nacionales e internacionales. Negociación, condiciones y sus relaciones
Tecnología
Automatización y Robótica (con simulaciones reales y prácticas de laboratorio)
Blockchain para la industria y servicios
Gestión e Interpretación de algoritmos
Internet of Things
Investigación operativa 1, 2 y 3
Movilidad y Energías Renovables
Office 365 Power Optimize/Tableau/Google Data Studio
Pagos online, Ciberseguridad y Fraude
Programación
Realidad Aumentada
Realidad Virtual
Sistemas de la información con analítica integral dinámica en tiempo real en todas las plataformas con utilización de programación (Microsoft, Google, Apple, etc.)

2.3 Requisitos para la graduación:

El Ingeniero Digital adicionalmente a las asignaturas mencionadas deberá cumplir con los siguientes requisitos para su graduación:

2.3.1 Internacionalidad

- A. Cursar 3 a 5 asignaturas en universidades del extranjero (en al menos dos países) de forma virtual (en el caso que desee hacerlo presencial y cuente con los recursos podrá hacerlo).
- B. Deberá poder presentar la propuesta de negocios o emprendimientos en los que trabajó durante su carrera en cuatro idiomas (español, inglés y dos idiomas a elección).

2.3.2 Empresas

- A. El alumno deberá formar parte de tres emprendimientos de la siguiente forma: en la carrera de 6 años, cada 2 años, formará parte de uno de ellos por medio de sus trabajos prácticos de laboratorio de cada una de las asignaturas.
En el último ciclo de 2 años será el fundador de una empresa en la cual trabajará con todos los alumnos que se encuentren en años previos realizando el análisis de todas las facetas que forman parte de una empresa.
Lo que busca este apartado, es que más allá de que luego sea un emprendedor o no, el ingeniero digital pueda experimentar cómo se crean/crearon empresas y que es lo que necesitan para sobrevivir, desarrollarse y crecer.

2.3.3 Gestión

- A. El alumno en sus trabajos prácticos de laboratorio deberá tomar 3 roles en distintas instancias de su carrera.
El rol operativo, el de liderazgo (donde reporta a un fundador) y por último será el fundador de una empresa.

Por ejemplo, en los primeros 2 años será operativo y otro compañero será el líder de ese grupo que le reportará al fundador de la empresa (alumno que se está por recibir). Cuando el mismo esté transitando los segundos 2 años decidirá ser líder. En el último ciclo, el alumno será fundador de un emprendimiento.

Con esto logramos que el alumno viva la múltiple cadena de mando, tal cual está sucediendo en el mundo laboral actual, donde tendrá que reportarle a un líder, a un fundador y a los responsables de cátedra.

Esto empapa al estudiante sobre la dinámica laboral actual desde su formación académica naturalizando contar con más de un jefe o a quien se deba reportar.

2.3.4 Universidad

- A. El alumno deberá realizar una ayudantía de un cuatrimestre en cualquier momento de la carrera, donde podrá tomar 3 roles fundamentales:
- i. Docencia: El alumno pondrá en práctica la oratoria, la exposición, la enseñanza, el contacto con equipos de trabajo, la gestión, la organización y deberá proponer mejoras en la forma de dar clases.
 - ii. Operativo: El alumno contribuirá en temáticas operativas que considere que pueda aportar valor a la cátedra.

El alumno al final del cuatrimestre realizará un breve informe en donde mostrará las mejoras que propuso, como las llevo a cabo dentro de la universidad y cuáles serían los próximos pasos por seguir.

Esto genera que los alumnos den de forma natural feedback, mejorando la forma de aprendizaje y de dar clases. Así se acortará la deserción y aumentará el porcentaje de aprobados gracias a una mejor calidad de enseñanza y contenidos.

A su vez, generará un sentido de pertenencia con la facultad y dejará una mejor universidad para los próximos estudiantes.

En cuanto a la estructura de costos se optimizará ya que se encontrará renovado ciclo a ciclo. Podemos pensar que así aumentará la inserción laboral de los alumnos por la experiencia comprobada de docencia gracias a la prestigiosa tarea de formar parte de una institución educativa.

2.4 ¿Cómo lo ejecutaremos?

Llevaremos a los extremos la ejecución de la teoría y la práctica. La parte teórica de las asignaturas se dictarían en formato video para que el alumno pueda pausar, repasar y ver cuando desee los contenidos ya que son repetitivos, inalterables y estandarizables.

Con esto generaremos más oportunidades de acceso y facilidad en cuanto a estudio y costos de ejecución.

El personal profesional universitario responsable de dictar clases teóricas se deberá encargar de las clases prácticas brindando más recursos para los alumnos.

Así se evitará agotamiento por parte de los docentes en la ejecución de su labor, ya que los mismos darán diversas temáticas que requerirán de su faceta creativa y de resolución de problemas.

La práctica se realizará de forma extremadamente variable y con casos reales, donde será necesaria la intervención personalizada de los profesionales a cargo. Esto dará una exposición real a las temáticas, es de vital importancia no utilizar “casos prácticos de libro” sino aquellos casos que estarán aplicando los alumnos más desarrollados en los emprendimientos/proyectos que estarán creando. Esto generará que se aborden conclusiones reales ya que de lo contrario no será tan asertivo el análisis.

Esa manera de trabajar se extrapolará a todas las prácticas de laboratorio con herramientas digitales para llevar a cabo las simulaciones/análisis/trabajos operativos/entre otros.

Por otro lado, los docentes serán seleccionados según su expertise en el rubro desde su práctica y serán especialistas en lo que dicten. Los mismos podrán dar sus clases por temática, no por asignatura completa. Se logrará tener al profesional dictando la temática que el mismo pone en práctica en su labor del día a día. Evitando que este comprometido 16 semanas de clases en el caso de que no cuente con el tiempo disponible.

Por ejemplo: el docente de Investigación operativa 1 utiliza modelos matemáticos para seleccionar carteras de inversiones, entonces el mismo podrá dar la bolilla “inversiones” en ingeniería financiera sin tener que formar parte de toda la asignatura. A diferencia de lo que se hace ahora que se dictan “charlas” sobre temáticas especiales en algunas materias. Este apartado contemplará una evaluación práctica de esa clase comprometiendo al alumno a adquirir estos conceptos.

Otro efecto interesante que se logrará es la conexión entre asignaturas. El alumno saldrá con una visión integral de las mismas y podrá ver dónde se conectan unas con otras en distintos puntos, que al fin y al cabo es la realidad empresarial/laboral.

También es destacable como con esto se evitará las asignaturas con compartimientos estancos, fluyendo la información y manteniendo la mejora continua.

Con este esquema la estructura de costos disminuirá y el presupuesto asignado se podrá optimizar para desarrollar la universidad. Las clases teóricas en formato video son totalmente escalables y se pueden separar en diferentes disertantes. En cuanto a las ayudantías aportarán horas hombre a las asignaturas optimizando los recursos asignados.

Con el compromiso por “bolilla” de los docentes se logrará tener una plantilla de gran amplitud donde quizás cada docente tendrá un día de ejecución de clases con la tarea de responder consultas sobre su especialidad y se le asignará exámenes prácticos para los alumnos que estarán trabajando.

En cuanto a la sinergia entre distintas universidades, también se producirá una baja de costos ya que nuestras asignaturas podrán ser tomadas por otros países y las de otros países por nosotros. Trayendo a lo mejor de lo mejor y por selección natural se mejorarán y actualizarán más fácilmente.

3. RESULTADOS

Se desarrollará un Ingeniero Digital con habilidades y conocimientos actualizados, con herramientas del presente y del futuro, teniendo tres experiencias formando y mejorando empresas/proyectos, cumpliendo funciones operativas, de liderazgo, de creación, supervisión y escalamiento de empresas.

No solo eso, sino también estará apto para presentar su proyecto frente a inversionistas o prospectos en cuatro idiomas distintos con sus requerimientos básicos.

El Ingeniero digital habrá cursado asignaturas en distintas universidades de forma virtual o presencial (optativo).

Por otro lado, será obligatorio su aporte a la universidad en un cuatrimestre dando clases y presentando un informe de cómo mejoró a esa asignatura en algún aspecto. Luego el estudiante podrá seguir dando clases, pero como requisito de graduación tiene que aportar de alguna forma en algún momento de la carrera. Esto complementará las habilidades de oratoria, exposición de ideas, mejorará la carrera desde adentro y dará un sentido de pertenencia.

Con esto se acortará la brecha académica con la laboral y se preparará ingenieros con perfiles “T”, es decir, con gran especificidad en diferentes áreas, pero con la visión integral de todas las facetas empresariales de este siglo. Buscando que estén listos para cambiar la trayectoria de lo que decidan realizar de forma efectiva, con experiencia palpable y comprobable.

4. CONCLUSIONES

Concluimos que es inminente el cambio en el plan de estudios de la carrera, ya que entidades como Google u otras empresas privadas, que marcan el rumbo empresarial, están tomando partido en la educación y como universidades debemos ser siempre los primeros en incursionar en estos cambios. En la práctica no lo estamos ejecutando correctamente, realizamos los cambios cuando ya es seguro hacerlo y está validado por otra institución.

Este “mindset” donde antes los cambios eran “mala palabra” era correcto en el pasado, donde no había muchos cambios ni tampoco tan grandes, pero ahora en este mundo VICA (Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo) no podemos dejar de lado estas reflexiones y tomar cartas sobre el asunto.

Es nuestro deber como universidades potenciar los tres pilares en donde se basa la universidad. Primero, ser los pioneros en la investigación y en la puesta en marcha de todos los análisis, conjeturas y conclusiones adecuadas.

Segundo, educar con el conocimiento ya establecido e incorporar las nuevas investigaciones, descubrimientos y la vanguardia en todas nuestras disciplinas.

Tercero, expandir y difundir ese conocimiento para toda la comunidad interesada.

Se puede ver por lo desarrollado en el documento que será acertado realizar los cambios en las asignaturas de la carrera, en la metodología que deberán implementar los docentes para dictar clases y los requisitos necesarios para la graduación de los alumnos. Nuestra propuesta sugiere innovar en estas unidades temáticas estratégicas para potenciar a estos profesionales.

El próximo paso será tomar este análisis y realizar un estudio detallado de cómo llevarlo a cabo. Ajustar las unidades temáticas, las bolillas adecuadas, la metodología de enseñanza y las mejores estrategias para implementarlo teniendo como resultado un nuevo plan de estudio para este Ingeniero Digital.

5. REFERENCIAS

- [1] Albrieu Ramiro; Basco, Ana Inés; Brest López Caterina; de Azevedo, Belisario; Peirano Fernando; Rapetti Martín; Vienni Gabriel (2019). Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina. Banco Interamericano de Desarrollo.
- [2] Universidad de Buenos Aires (UBA) – Facultad de Ingeniería (FIUBA). (2019) Plan de Estudios 2011, modificación 2018 de la carrera de Ingeniería Industrial
- [3] Universidad de Buenos Aires (UBA) – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. (2019). Plan de estudio de Licenciatura en Ciencias de Datos.
- [4] Universidad de Buenos Aires (UBA) – Facultad de Ingeniería (FIUBA). (2016) Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería en Informática.
- [5] We are social; Hootsuite. (2020). Digital 2020 Argentina.
- [6] We are social; Hootsuite. (2020). Digital around the world 2020.
- [7] LinkedIn Learning Solution. (2020). New LinkedIn Research: Upskill Your Employees with the Skills Companies Need Most in 2020

Agradecimientos

Lucas Ferrari:

Agradezco a Eduardo Ferrari, Silvia Mari y toda la familia Ferrari, que siempre estuvieron conmigo en apoyo incansable de todo lo que me propongo.

Agradezco a Anibal Cofone, que sin él no podríamos estar encarando este tipo de proyectos, ni tantos otros que cambian el rumbo de la Argentina, el Estatus Quo, lo establecido y de lo que se esté por hacer.

Considero que tenemos en común, además de la autoría de este estudio, el “hambre” por desarrollar la mejora continua cuestionando lo establecido.

Finalizando agradezco a todos los docentes que impactaron en el eterno alumno que soy y que, según mi punto de vista, todos deberíamos mantenerlo vigente.

Actividades colaborativas con herramientas virtuales en la enseñanza - aprendizaje de cursos de matemáticas basados en competencias en la enseñanza superior no presencial

Pantoja Carhuavilca, Hermes Yesser*; Suarez Fuentes, Juan Cancio**

*Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC).

hpantoja@utec.edu.pe.

** Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)

juan.suarez7@unmsm.edu.pe

RESUMEN

A partir de la experiencia de un curso transversal basado en competencias situado en el Departamento de Ciencias de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), Lima-Perú, se aborda la descripción del uso de las actividades colaborativas con herramientas virtuales con el objetivo de influir la implantación de las actividades colaborativas dentro del proceso enseñanza-aprendizaje no presencial para proponer mejoras que sean procedentes. El trabajo que se presenta muestra resultados entre el promedio ponderado de las entregas de las actividades colaborativas con herramientas virtuales y la calificación final obtenida. Se comparan las calificaciones obtenidas en los promedios de las actividades colaborativas con los resultados de la nota final del curso, para ver si se detectan cambios significativos que puedan relacionar las actividades colaborativas con la tasa de éxito.

El estudio estadístico realizado indica que, existe una relación directa entre el promedio ponderado de las actividades colaborativas y la calificación final. Se realizó el test de Chi-cuadrado, con un grado de confianza del 95%, resultando que existe una relación estadísticamente significativa entre ambas variables (promedio de las actividades colaborativas y la nota final del curso). Finalmente, se concluyó que la metodología desarrollada es una gran fortaleza en el proceso de la enseñanza – aprendizaje no presencial.

Palabras Claves: Trabajo colaborativo, herramientas virtuales, enseñanza-aprendizaje, Metodologías de enseñanza.

ABSTRACT

From the experience of a transversal course based on competencies located in the Department of Sciences of the University of Engineering and Technology (UTEC), Lima-Peru, the description of the use of collaborative activities with virtual tools is approached with the objective of influence the implementation of collaborative activities within the non-face-to-face teaching-learning process to propose appropriate improvements. The work that is presented shows results between the weighted average of the deliveries of the collaborative activities with virtual tools and the final grade obtained. The grades obtained in the averages of the collaborative activities are compared with the results of the final grade of the course, to see if significant changes are detected that can relate the collaborative activities with the success rate.

The statistical study carried out indicates that there is a direct relationship between the weighted average of the collaborative activities and the final grade. The Chi-square test was performed, with a confidence level of 95%, resulting in a statistically significant relationship between both variables (average of collaborative activities and final grade for the course). Finally, it was concluded that the methodology developed is a great strength in the non-face-to-face teaching-learning process.

Keywords: Collaborative Work, Virtual Tools, Learning-Teaching, Teaching Methodologies.

1. INTRODUCCIÓN

Según la (UNESCO 2020a, s. f.). “En el mundo hay más de mil quinientos millones de estudiantes afectados por el coronavirus” [1]. En Perú, el primer caso de coronavirus se registró el 6 de marzo y el Presidente de la República decidió que a partir del 12 de marzo todas las escuelas se cerraran ya fueran públicas o privadas. Ante este panorama, cerca de 8 millones de niños no pudieron asistir a la escuela de forma presencial y cerca de 2 millones de jóvenes no pudieron asistir a sus instituciones de educación superior de forma presencial.

En estos últimos meses tuvimos que enfrentar diversos desafíos a causa de la pandemia del COVID-19, en diversas áreas, una de ellas es la educación. La pandemia del COVID-19 nos ha llevado de una enseñanza - aprendizaje presencial a la enseñanza – aprendizaje no presencial para continuar con nuestra labor docente y de esta forma fortalecer nuestro sistema educativo a través de dicho aprendizaje sabiendo que el escenario no es el ideal.

En la búsqueda de soluciones para continuar con las labores docentes, tuvimos que hacer uso de las NTICs (Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación) para impartir las clases de manera virtual a través de diferentes plataformas como Google Meet, Microsoft Teams, Zoom.

Pero estas plataformas por sí solas no solucionan ni mejoran la enseñanza - aprendizaje, debemos evaluar qué herramientas son las más adecuadas para aplicar en nuestras clases y la forma en que estas serán impartidas para lograr las competencias y logros buscados en nuestros estudiantes. Además, debemos diseñar nuevas formas de evaluación.

Incorporar tecnología en el proceso de enseñanza – aprendizaje no presencial puede despertar el interés inicial en los estudiantes. Sin embargo, en este entorno no presencial, uno de los mayores retos del docente es lograr mantener la activa participación de los alumnos hasta el final del curso. Para lograrlo, tenemos que tener en cuenta que cada estudiante tiene diferentes perfiles, por lo que no podemos tratarlos de la misma manera a todos los estudiantes. Lógicamente, en una clase presencial, habría más oportunidad de conocer a nuestros estudiantes, pero a través de una plataforma virtual, se complica, aunque no es imposible. En 1984, (Keller, 2012) publicó su trabajo sobre motivación y aprendizaje llamado modelo ARCS en el cual postuló que hay cuatro factores críticos (Atención, Relevancia, Confianza, Satisfacción) que se traducen en motivaciones para aprender [2].

El aprendizaje colaborativo es una de las claves para el éxito de la enseñanza - aprendizaje no presencial dado que busca fomentar en los estudiantes las capacidades necesarias para trabajar en grupo, como por ejemplo la comunicación, adaptación, flexibilización o la improvisación. Para ello se necesita crear actividades y espacios que requieran el trabajo en grupo. El aprendizaje colaborativo constituye un complemento perfecto para las actividades individuales.

La Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) – Lima Perú desde el 23 de marzo del 2020 configuró todos sus cursos en la plataforma educativa Canvas e integró la herramienta de videoconferencia Zoom. Una vez iniciado el ciclo 2020-1, con respecto al curso de Matemáticas 3, curso del tercer ciclo de Ingeniería, empezamos a generar contenidos para el entorno virtual de aprendizaje (Canvas) y seleccionamos herramientas virtuales para nuestra metodología de enseñanza y aprendizaje activa.

Para el ciclo 2020-1 en el curso de Matemáticas 3, diseñamos diversas dinámicas grupales que facilitaron la participación de los estudiantes, dichas actividades estuvieron acompañadas de herramientas virtuales, elegidas exclusivamente para la realización de las actividades con el propósito de generar experiencias, discusión, reflexión y al final aprendizaje. Las actividades grupales fueron desarrolladas de forma síncrona o asíncrona y dependiendo del tema a tratar en clase.

1.1. Objetivo Principal

Analizar cómo ha podido influir la implantación de las actividades colaborativas con herramientas virtuales, dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, para proponer mejoras que sean procedentes.

1.1. Objetivos Específicos

Durante el desarrollo del trabajo se alcanzaron los siguientes objetivos específicos:

- Analizar si la implantación de las actividades colaborativas con herramientas virtuales ha influido en la tasa de éxito y rendimiento del curso medido a través de la nota final del curso.

- Analizar si existe una relación significativa entre las actividades colaborativas y la calificación obtenida en el módulo 1 del curso.

2. MARCO TEÓRICO

El aprendizaje colaborativo (AC) con el uso adecuado de las herramientas virtuales ha sido una apuesta en el ámbito de las metodologías innovadoras aplicadas a la educación superior por competencias mediadas por las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación (NTIC). En la actualidad, estas apuestas se posicionan como una oportunidad pedagógica en un ambiente de enseñanza-aprendizaje no presencial.

2.1 Las nuevas tecnologías de información (NTIC)

Las NTIC tienen un potencial para transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje de manera innovadora, según (Tapia Rangel, 2013), además apoyan las estrategias de trabajo colaborativo y favorecen el desarrollo de proyectos de investigación, los cuales derivan en aprendizajes más reflexivos, profundos y participativos [3].

Las NTIC generan formas relativamente nuevas y potentes de procesar, transmitir, acceder y usar la información. También debemos indicar que, en el ámbito de la educación, lo realmente importante no son las tecnologías, las NTIC no constituye la excepción, sino su ubicación en el espacio del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El espacio del proceso de enseñanza-aprendizaje, según (Coll, 2008) [4], lo define como un triángulo interactivo que tiene cuatro categorías principales:

- 1) Las relaciones entre los profesores y los contenidos (y tareas) de enseñanza –aprendizaje.
- 2) Las relaciones entre alumnos y los contenidos (y tareas) de enseñanza –aprendizaje.
- 3) Las relaciones entre profesores y alumnos.
- 4) La actividad conjunta desplegada por profesores y alumnos durante la realización de las tareas o actividades de enseñanza-aprendizaje

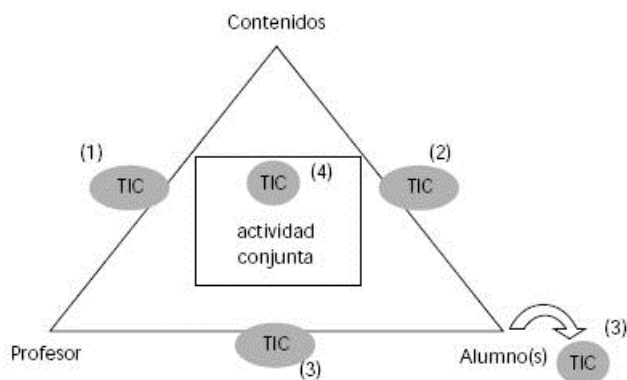


Figura 1. Elementos del proceso enseñanza-aprendizaje. Adaptado de Coll, Mauri y Onrubia, (2008)

2.2 Aprendizaje Colaborativo

Las tecnologías como las herramientas web 2.0 así como también los dispositivos móviles, han generado cambios en las dinámicas grupales creando una mayor interacción y oportunidad de compartir y construir conocimiento colaborativamente.

En el ambiente de la enseñanza-aprendizaje no presencial se han tomado en cuenta algunos aspectos importantes y comunes para llevar a cabo con éxito las actividades colaborativas, estas son:

- a) Formación de grupos: La creación de grupos no es una tarea fácil, se deben formar de tal manera de no generar problemas de frustración y desacuerdos entre los integrantes del grupo. El diseño de las actividades grupales debe tener claro el propósito, aunque se puede ser flexible en seleccionar los miembros del grupo, así como también los roles.
- b) Selección de la tarea grupal: La selección de la tarea es un punto muy importante dado que no todas las tareas son adecuadas para trabajar en forma grupal. Según (Kirschner et al., 2009) indica que las tareas complejas y de análisis deberían ser grupales [5].
- c) Claridad y flexibilidad de la tarea: Se debe proveer una guía a los miembros del equipo explicando en detalle la tarea a desarrollar. Así como también abrir canales de consultas y/o asesoramiento.

- d) Significatividad de la tarea: Las tareas que responda a un problema de contexto real es vital en los entornos virtuales de aprendizaje. El estudiante percibe la utilidad en su futuro profesional de esta forma le presta mayor atención y empeño logrando un mayor aprendizaje.
- e) Monitoreo y control de la tarea: El docente debe estar disponible para brindar feedback especialmente en este entorno virtual durante todo el proceso colaborativo. Además, el docente debe propiciar el debate durante la actividad de esta forma ayuda a la creación de relaciones entre los estudiantes y fomenta la confianza.

2.3 Herramientas virtuales

La comunicación grupal es muy valiosa para trabajar en forma colaborativa en el proceso de aprendizaje del estudiante, para ello tenemos varias herramientas virtuales, algunos de ellos:

- a) Kahoot: Es una plataforma gratuita que ofrece la posibilidad de crear cuestionarios sobre cualquier temática. Es una herramienta por la que el profesor crea concursos en el aula para aprender o reforzar el aprendizaje y donde los alumnos son los concursantes. <https://kahoot.com/>
- b) Quizziz: Es una plataforma gratuita de características similares al Kahoot, herramienta para crear cuestionarios gamificados para el aula. <https://quizizz.com/>
- c) Padlet: Es una plataforma digital que ofrece la posibilidad de crear murales colaborativos, ofreciendo la posibilidad de construir espacios donde se puede presentar recursos multimedia, ya sea videos, audio, fotos o documentos. Estos recursos se agregan como notas adhesivas, como si fuesen "post-its". <https://es.padlet.com/dashboard>
- d) Socrative: Es un programa que nos permite realizar test de tipo pregunta-respuesta/s a nuestros estudiantes. Los profesores fomentan la participación en sus aulas, con una serie de ejercicios y juegos educativos. La aplicación es muy sencilla e intuitiva y lleva unos segundos para iniciar sesión. Además, nos permite la utilización de todo tipo de dispositivos. <https://www.socrative.com/>
- e) GoogleDocs: Por medio de GoogleDocs se crea una tarea que se debe resolver en tiempo real de forma escrita por varios estudiantes, los cuales trabajan por equipos además de aprovechar la herramienta de chat para poder interactuar con los estudiantes.
- f) EquatIO- Math: Crea fácilmente ecuaciones, fórmulas y pruebas de matemáticas y se puede agregar a las diferentes aplicaciones de G-Suite como GoogleDocs y Google Form. Con EquatIO- Math los estudiantes pueden complementar sus actividades colaborativas con bosquejos, diagramas y otras anotaciones matemáticas y es muy útil para mostrar el razonamiento del estudiante como lo haría en una hoja de ejercicios. Luego pueden compartir su trabajo de forma instantánea con sus profesores y sus compañeros de clase. <https://equatio.texthelp.com/>
- g) Telegram: Es un servicio de mensajería instantánea que se utiliza, fundamentalmente, para mantener conversaciones de persona a persona o en grupo. Las redes sociales pueden funcionar como un espacio virtual donde los estudiantes pueden interactuar y que sirve de base para el desarrollo de conocimientos sin límites espaciales ni de tiempo.

2.4 La educación por competencias

El constante cambio en el mundo demanda una profunda transformación en los sistemas educativos. Ahora en estos tiempos, donde el proceso de enseñanza-aprendizaje no presencial está activo, debe de seguir contribuyendo a la formación de ciudadanos que respondan a los exigencias y retos planteados por la sociedad actual. La competencia tiende a transmitir el significado de lo que la persona es capaz o es competente para ejecutar una tarea o actividad (Prieto, 2008) [6]. Existe un análisis de cómo la evaluación por competencias puede orientar e influir en el mejoramiento de los aprendizajes y prácticas pedagógicas (Rios, 2017) [7].

Tabla 1. Elaboración propia basado en Cano (2008)

Las acciones fundamentales asociadas a las competencias	Efectos sobre el proceso de enseñanza aprendizaje	Instrumentos evaluativos.
--	--	----------------------------------

Integrar(habilidades, saberes, destrezas, actitudes)	Evidenciar la integración de los saberes.	Proyectos, Casos.
Acciones o problemas en contextos determinados.	Evaluar los saberes en el contexto de cuándo, cómo y dónde (porque esos y no otros).	Simulaciones y formato de proyecto para su aplicación
Dinámicas integrales de desarrollo.	Evaluar y potenciar el desarrollo (retroalimentación)	Rúbricas y evaluaciones que incluyan diagnósticos y progresos.
Aprendizaje colaborativo	Reflexión de los aprendizajes	Espacios de discusión e interacción como foros, chat, telegram.

La Tabla 1, nos indica las implicancias de las evaluaciones por competencias. Por ejemplo: Acciones fundamentales asociadas a las competencias, efectos sobre el proceso de enseñanza – aprendizaje y los instrumentos evaluativos. La mejor forma de evaluar competencias es poner al estudiante ante situaciones de contexto real, posteriormente observar cómo entiende y resuelve el problema. En este trabajo, una de las acciones a utilizar es el aprendizaje colaborativo que permite llevar a la reflexión los aprendizajes logrados utilizando diferentes herramientas virtuales.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el presente trabajo tomamos como objeto de estudio el curso de Matemáticas 3, que tiene como contenidos al Álgebra Lineal (Módulo 1) y Métodos Numéricos (Módulo 2). El mismo es de carácter obligatorio para tercer ciclo de la carrera de ingeniería de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). Lima-Perú.

El curso estaba constituido por 170 alumnos divididos en 6 secciones. En este trabajo aplicamos la metodología de aprendizaje colaborativo utilizando las tecnologías de información y comunicación (TIC) en un ambiente de enseñanza –aprendizaje no presencial.

En lo que se refiere a las TIC, utilizamos distintas herramientas virtuales en las diferentes actividades programadas para la Evaluación Continua que nos permitió realizar un seguimiento del uso de estas por parte del alumno. Estas herramientas virtuales son Socrative, EdPuzzle, Google Apps, Canvas. Mediante la aplicación EdPuzzle fue posible obtener un registro de los alumnos participantes en la asignatura que visualizaron el contenido y los resultados obtenidos del test incluido en el video. Los alumnos podían acceder a los test virtuales a través de la plataforma Canvas. Finalmente, los trabajos grupales colaborativos fueron apoyados por las aplicaciones de Google.

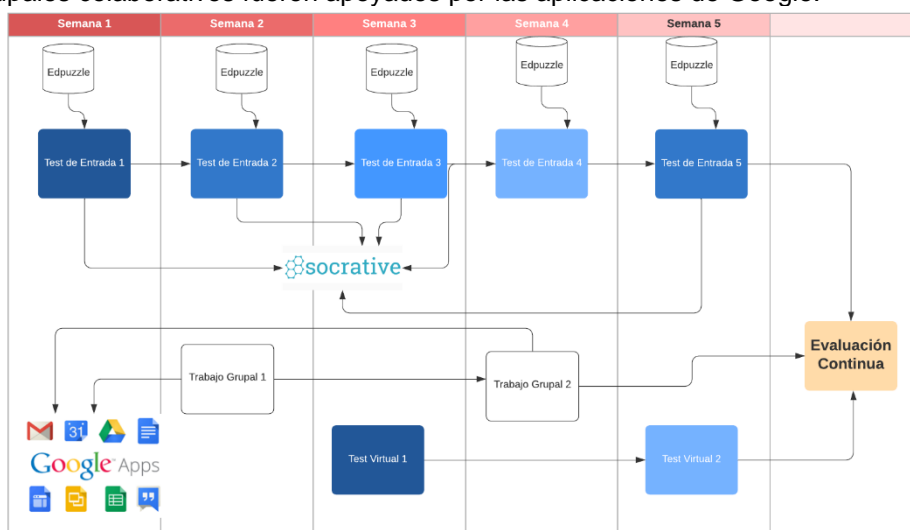


Figura 2. Plan de Actividades y Evaluaciones en el Módulo 1 (Álgebra Lineal)

La Figura 2, presenta tres tipos de actividades colaborativas para la Evaluación Continua (EC), estas son: Test de Entrada, Trabajo grupal y Test Virtual, para cada una de las actividades utilizamos herramientas virtuales.

Como sistema de evaluación realizamos dos Evaluaciones Continuas, una para cada módulo, estas a su vez representan el 40% de la nota final del curso.



Figura 3. Pirámide de la taxonomía de Bloom (Fuente: www.aula.planeta)

La Figura 3, presenta el nivel que ha alcanzado los trabajos grupales en la taxonomía de Bloom. Para que el trabajo grupal sea un éxito y favorezca al aprendizaje de los estudiantes tiene que estar bien estructurado y dividido en fases:

Tabla 3. Fases del aprendizaje colaborativo en la enseñanza-aprendizaje no presencial aplicado al trabajo en aula (Elaboración propia)

Fases	Acciones	Proceso	Objetivos
Fase Inicial	Creación de grupos	De los resultados obtenidos del test de entrada (TE) basados en los logros de aprendizaje se forman los grupos para el trabajo en el aula de forma colaborativa. Dicho Quiz se desarrolla a través de la plataforma Socrative.	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar el conocimiento de los integrantes de cada grupo. Fomentar el conocimiento sobre la enseñanza-aprendizaje no presencial de forma colaborativa.
Fase desarrollo	Desarrollo de consolidación y del equipo,	Para el trabajo en aula se utilizó la herramienta Google Docs con EquatIO Math así como el padlet para el trabajo colaborativo.	<ul style="list-style-type: none"> Organizar el trabajo en aula y los recursos tecnológicos de cada grupo. Distribuir responsabilidades a cada integrante del grupo. Establecer un clima de interacción y generación de conocimiento.
Fase Final	Valoración del equipo	Debate y feedback de los resultados obtenidos por cada grupo.	<ul style="list-style-type: none"> Valorar el trabajo colaborativo. Valorar las herramientas y recursos tecnológicos

La Tabla 3, presenta las fases para la implementación de las actividades colaborativas con herramientas virtuales, las acciones a realizar, el proceso a respetar y los objetivos a cumplir.

Para analizar los resultados, tomamos en cuenta la variable independiente que es el aprendizaje colaborativo medido a través del promedio ponderado de las actividades colaborativas, así como

también la variable dependiente que es la tasa de éxito y rendimiento del curso medido a través de la nota final del curso.

4. RESULTADOS.

El curso en el que hemos introducido las actividades colaborativas con herramientas virtuales ha sido Matemáticas 3. Esta asignatura se imparte en el tercer ciclo en todas las carreras de Ingeniería en la Universidad de Ingeniería y Tecnología. Es una asignatura perteneciente al Departamento de Ciencias, de 4 créditos en el que el número de matriculados fue de 170 alumnos. Estos alumnos se reparten en seis secciones de clase. Las actividades formativas y de evaluación eran exactamente las mismas para las 6 secciones, por lo que en el tratamiento de datos no había distinción entre ellos. Todas las actividades formativas tenían las características del trabajo colaborativo.

Tabla 4. Número de alumnos por sección. Elaboración propia

SECCION <dbl>	NroAlumnos <int>
1	30
2	23
3	39
4	14
5	19
6	45

En la Figura 4 se representan las notas finales del curso en función de si habían entregado las actividades colaborativas con herramientas virtuales. Para comprobar si las diferencias entre las calificaciones promedio de los diferentes grupos eran estadísticamente diferentes, se realizó una prueba de t-student con un nivel de confianza del 95 %. De los p-valores obtenidos se puede observar que los estudiantes que entregaron las actividades colaborativas obtuvieron una nota media superior (16,5) que los que no entregaron (8,2).

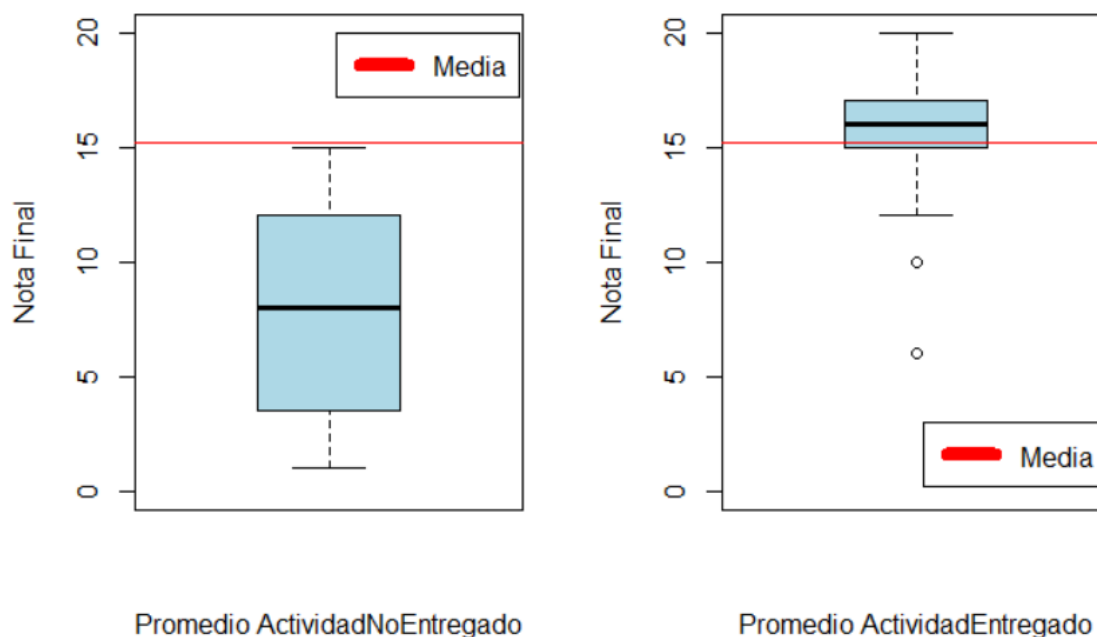


Figura 4. Nota final obtenida en el curso en función del promedio ponderado obtenido por las actividades colaborativas con herramientas virtuales.

Cada punto en el scatterplot representa una nota. Como se aprecia en la la Figura 5, existe una relación directa entre el promedio ponderado obtenido por las actividades colaborativas entregadas con herramientas virtuales y la calificación final obtenida.

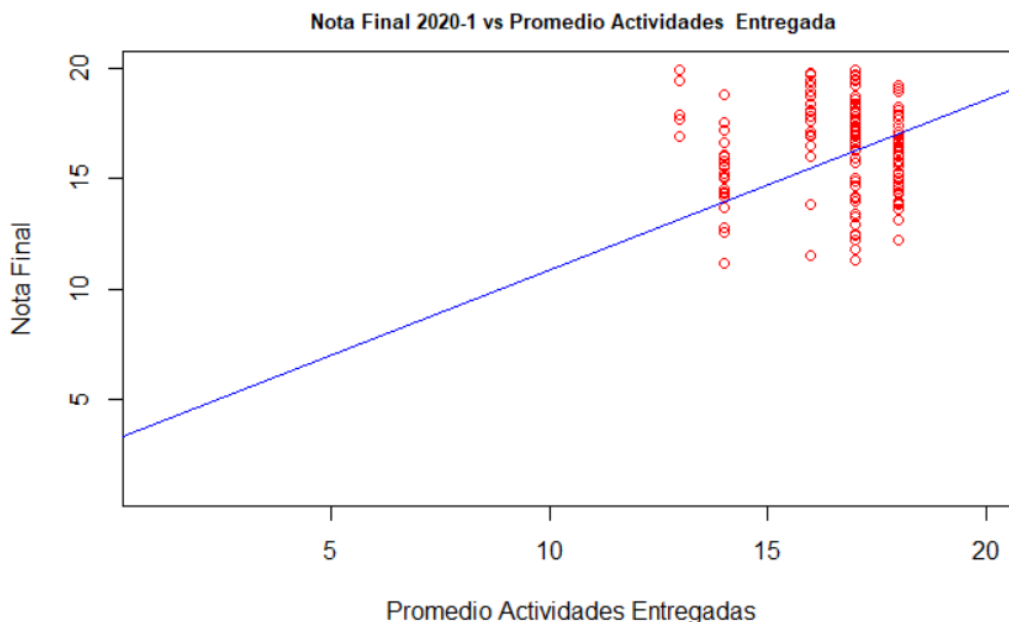


Figura 5. Relación directa entre la nota final 2020-1 y el promedio obtenido por actividades colaborativas entregadas.

Cada punto en el scatterplot representa una nota. Como se aprecia en la la Figura 6, existe una relación directa entre el promedio ponderado obtenido por las actividades colaborativas no entregadas con herramientas virtuales y la calificación final obtenida. Cada actividad colaborativa no entregada se fijó en 10 como nota desaprobatoria según sistema de evaluación del curso.

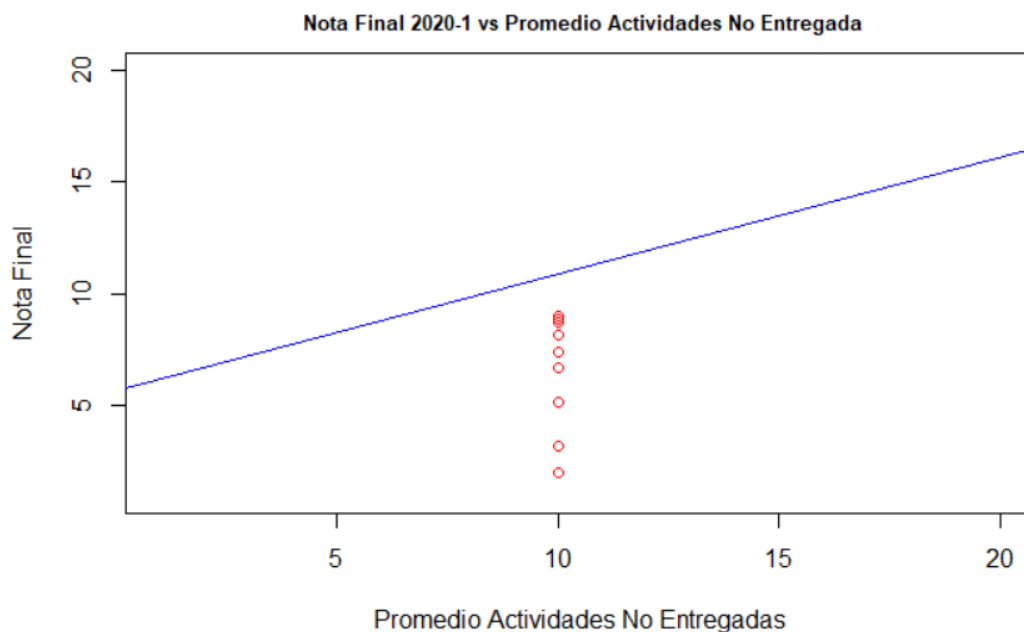


Figura 6. Relación directa entre la nota final 2020-1 y el promedio obtenido por las actividades colaborativas no entregadas.

La relación se verifica utilizando la prueba de Chi-cuadrado, analizando la siguiente hipótesis:

H0: Las variables son independientes

H1: Las variables son dependientes

El p-value es menor al alpha ($7.818e-11 < 0.05$), entonces se rechaza la hipótesis nula. Concluimos que existe una dependencia entre las variables: promedio de las actividades colaborativas y la nota final del curso.

5. CONCLUSIONES.

Se puede concluir que el presente trabajo presenta condiciones suficientes para afirmar que el aprendizaje colaborativo acompañado con las nuevas tecnologías e información es una gran fortaleza en el proceso de la enseñanza – aprendizaje no presencial.

A partir de los resultados obtenidos de la implementación de la Metodología del Aprendizaje Colaborativo, se observa un buen rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería del tercer ciclo de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UPEC) reflejado tanto en las notas de las evaluaciones continuas como en la nota final.

Existen innumerables herramientas o recursos tecnológicos que pueden ser utilizadas en las actividades de clase y/o trabajo grupal que favorecen el trabajo colaborativo. Otro de los puntos importantes como resultado de este trabajo es que ha permitido que los otros docentes del curso exploren nuevas metodologías de enseñanza.

Con el trabajo colaborativo utilizando las herramientas virtuales se promovió la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se incrementó el nivel de aprendizaje entre los estudiantes, influyó en el análisis y solución de problemas de contexto real.

6. REFERENCIAS.

- [1] UNESCO 2020a. (s. f.). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19—UNESCO Biblioteca Digital. Recuperado 8 de diciembre de 2020, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374075?locale=es>
- [2] Keller, J. M. (2012). ARCS Model of Motivation. En N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 304–305). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_217
- [3] Tapia Rangel, R. (2013). Educación con TIC para la sociedad del conocimiento. *Educación e Investigación*, 14, 3-12. <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num2/art16/index.html>
- [4] Coll, C. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: Una aproximación socio-cultural. 10(1), 19.
- [5] Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2009). A Cognitive Load Approach to Collaborative Learning: United Brains for Complex Tasks. *Educational Psychology Review*, 21(1), 31-42. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9095-2>
- [6] Prieto, L. (2008). La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: Estrategias para el profesorado
- [7] Rios, D. (2017). Los desafíos de la evaluación por competencias en el ámbito educativo. *Educación e Investigación*, 43, 1073-1086. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022017000401073&nrm=iso

Formación de Estudiantes de Ingeniería en Sustentabilidad y en Medición de Impacto Social a partir de Proyectos de Extensión Universitaria.

Willson, Victoria; Piol, María Natalia; Saralegui, Andrea; Boeykens, Susana.

*Universidad de Buenos Aires (UBA) – Facultad de Ingeniería (FIUBA)– Instituto de Química Aplicada a la Ingeniería (IQAI) – Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos (LaQuíSiHe).
Av. Paseo Colón 850, CABA. CP 1063 - laquisihe@fi.uba.ar*

RESUMEN

Para la formación de un ingeniero integral resulta fundamental su conciencia respecto al impacto social y el grado de sustentabilidad de los proyectos que desarrolle durante su profesión. Esta aproximación se logra actualmente en la Universidad de Buenos Aires a través de las Prácticas Sociales Educativas (PSE). Para enfatizar esta importancia, la UBA abre anualmente la convocatoria a proyectos UBANEX (Proyectos de Extensión Universitaria) que buscan apoyar actividades que tiendan a consolidar las PSE. Enmarcado en las premisas antedichas, hemos presentado a fines del 2019 un proyecto en la 12ª convocatoria UBANEX que involucra a la FIUBA como entidad educativa y de investigación. El proyecto tendrá su actividad principal en tres lugares: el Jardín N°922 de Calzada, la Escuela Secundaria N°65 de Claypole, y la Cooperativa "Amanecer de los Cartoneros" que presta servicio de recolección en el Microcentro porteño y el partido de Avellaneda, Buenos Aires. El objetivo de este trabajo es compartir la metodología y resultados de este proyecto como ejemplo de una herramienta educativa para la formación de futuros ingenieros en materia de sustentabilidad y medición de impacto social. El proyecto propone armar grupos de "Promotores Ambientales" compuestos por estudiantes de ingeniería, capacitarlos en temáticas de importancia ambiental, vincularlos con entidades recicladoras y formarlos como futuros capacitadores para luego asistir a cada Institución Educativa vinculada para transmitir sus conocimientos y formar nuevos "Promotores Ambientales" en cada nivel institucional alcanzado. A través de este proyecto interdisciplinario que venimos construyendo desde hace algunos años, desde FIUBA intentamos: i) enfatizar la importancia que tiene para un ingeniero la conciencia sobre la sustentabilidad y el impacto social de sus actividades; ii) articular la educación ambiental de ingenieros con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, orientándonos a promover el cooperativismo entre distintos actores sociales, oportunidades de aprendizaje en entornos ajenos, consumo sostenible, entre otros.

Palabras Claves: formación ambiental, educación y sostenibilidad, prácticas sociales educativas, impacto social profesional, aprendizaje-servicio.

ABSTRACT

In order to achieve a complete engineering education, social aspects and their relationship with the environment must be taken into account during its course. Universidad de Buenos Aires (UBA) currently has an on-going program called Educational Social Practices (PSE, referring to *Prácticas Sociales Educativas* in Spanish). UBA shows its interest on these premises and therefore annually opens the call for UBANEX projects (University Extension Projects) seeking to support activities that tend to PSE strengthening. Likewise framed in the mentioned ideas, we presented a project in the 12th UBANEX call at the end of 2019. This project will have its main activity in three locations: the Garden N°922 of Calzada, the Secondary School N°65 of Claypole, and the cooperative "Amanecer de los Cartoneros" that provides collection service in the Buenos Aires city center and the Avellaneda district, Buenos Aires. The objective of this work is to share the methodology and results of this project as an educational tool example focused on strengthening the future engineers capabilities regarding sustainable and social impact matters. The project proposal is to set up groups of "Environmental Promoters" made up from engineering students, training them in environmental aspects and then attending each educational venue linked to the project in order to transmit their knowledge and train new "Environmental Promoters" at each institutional level. Through these interdisciplinary projects, FIUBA tries to: i) emphasize the importance for an industrial engineer to have sustainability awareness and social impact understanding of their professional activities when innovating and projecting products and processes; ii) articulate the environmental education of engineers with the Sustainable Development Goals, guiding us to promote cooperativism among different social actors, learning opportunities in foreign environments, responsible and sustainable consumption, among others.

Keywords: environmental training, education and sustainability, educational social practices, professional social impact, service-learning

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas recurrentes que aparece en los debates sobre educación en valores y para la ciudadanía es cómo lograr que el alumnado, además de la información, reflexión y deliberación que proporcionan las sesiones de clase universitarias, viva también experiencias reales de participación en los ámbitos sociales próximos y en espacios lejanos de un mundo globalizado. En este contexto surge el término metodológico de aprendizaje-servicio como un recurso relevante para lograr una participación auténtica del alumnado en la comunidad, orientada al logro del bien común y a la adquisición de valores y virtudes cívicas [1,2].

La globalización económica no ha venido acompañada de una globalización de los derechos humanos, y ante este escenario la Universidad, debe erigirse como motor de la sociedad civil y abordar con valentía los retos globales de nuestra época. Debemos formar profesionales capaces de trabajar en equipos multidisciplinares, desde una comprensión de la compleja problemática actual, con las competencias necesarias para su mejora. El objetivo no se limita a comprender el mundo, sino a transformarlo [3].

Entre las necesidades de estas transformaciones, la forma en que opera nuestra sociedad industrial y de consumo ya no es sostenible con los modelos clásicos, los cuales atentan directamente contra las oportunidades de desarrollo de los menos privilegiados y las generaciones futuras. A raíz de esto, profesionales de aplicación como ingenieros y arquitectos, entre otros, deben comenzar a concentrarse cada vez más en la sostenibilidad y el modo en que los problemas sociales y ambientales se correlacionan con el desarrollo de nuevas tecnologías, productos, servicios y procesos [4].

Según el trabajo de Manzano [5] seguido ampliamente por el de Tapia [6], el modelo de aprendizaje-servicio aplicado desde instituciones educativas genera efectos en los estudiantes de tipo personal (eficacia personal, identidad, desarrollo moral), social (reducción de estereotipos, responsabilidad social, habilidades ciudadanas, compromiso), y de aprendizaje (resultados académicos, aplicación de aprendizajes en el mundo real, pensamiento crítico, análisis de problemas, comprensión de la complejidad).

En medio de un contexto que requiere la participación de la ciudadanía en temas de interés social, en 2015 la comunidad de Estados Unidos bajo el amparo de Naciones Unidas renovó su compromiso de avanzar hacia el desarrollo presentando la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y fijando 17 objetivos conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a alcanzar en los siguientes 15 años mediante la adopción de la Resolución A/RES/70/1 [7]. Esta agenda programática representa un cambio de paradigma en el modo de comprender el desarrollo, integrando a la mirada exclusivamente economicista, las dimensiones social y ambiental. Esta comprensión holística del desarrollo, reflejada en la idea de “que nadie se quede atrás”, conlleva un fuerte compromiso para atender a las causas multidimensionales y multifactoriales de la pobreza, el hambre, la discriminación, las exclusiones y las desigualdades. Las herramientas a elaborar por cada país buscarán fomentar el crecimiento económico sostenible y el trabajo decente para todos, garantizar las pautas de consumo y producción sostenibles, acompañar con medidas de urgencia para la gestión sostenible de bosques, frenar la generación desmedida de desperdicio, detener y revertir la degradación de la tierra y frenar la pérdida de diversidad biológica para dejar de condenar a las generaciones venideras.

En línea con lo expuesto, en la Universidad de Buenos Aires (UBA) se instrumentaron en los últimos años dos medidas que han motivado los objetivos del proyecto que se presentan en este trabajo desarrollado en la UBA como principal sede.

Una de ellas fue la promoción del Programa de Prácticas Sociales Educativas (PSE) en toda la Universidad, en el que se ha establecido particularmente para la Facultad de Ingeniería (FIUBA) a través de la Resolución (CS) N°172/14 [8] que a partir del año 2017 sean de carácter obligatorias para los estudiantes de las carreras de ingeniería de la UBA definiendo las PSE como requisitos para la obtención del diploma de todos los egresados de esta Facultad. Dichas PSE deben constituirse como trayectos formativos que, mediante espacios curriculares de enseñanza y aprendizaje, permitan la articulación de contenidos curriculares con necesidades y demandas de la sociedad. Estos proyectos permitirían cubrir la necesidad de complementar el aprendizaje de los futuros profesionales en ingeniería en temas relacionados con el cuidado del medio ambiente y el impacto social de todas las acciones que realicen dentro de su ámbito de trabajo.

La segunda fue la instrumentación del Programa UBA Verde: “Hacia una Universidad sustentable” que surge a raíz de la Ley “Basura Cero” [9], que establece disminuir progresivamente la utilización del sistema de disposición final en un 75% para el año 2017, prohibir la disposición final de materiales reciclables como aprovechables para el año 2020, fomentar el uso de materiales biodegradables así como también prevenir y reducir la generación de residuos. La Universidad de Buenos Aires no es ajena a las problemáticas de la sociedad, no solamente por el compromiso que la misma tiene con ella en el ámbito educativo, sino también por el alto impacto que sus decisiones ejercen en la población. En este sentido, el Programa UBA Verde [10] tiene como objetivos principales promover y asesorar en lo referente a la separación de residuos en origen dentro de las unidades edilicias que dependen de la Universidad de Buenos Aires. Fomentando acciones de

concientización, investigación y capacitación en temas relacionados con la protección ambiental, con el fin de difundir la adopción de buenas prácticas ambientales dentro del ámbito de la Universidad. Sus objetivos engloban: colaborar en la reducción de la cantidad de residuos de disposición final que llegan al relleno sanitario, contribuyendo a: mejorar las condiciones del ambiente, el uso de recursos naturales y la inclusión social; generar redes con universidades nacionales e internacionales que realicen gestión ambiental; generar documentos que den a conocer los beneficios de la separación en origen; capacitar al personal docente, no docente y alumnos de la universidad; fortalecer el vínculo con las cooperativas de recuperadores urbanos y generar acciones en común; trabajar transversalmente con otros programas de extensión de UBA; y generar campañas de concientización e información. Desde hace años el Programa UBA Verde intenta aunar esfuerzos en organizar y difundir la separación en origen en distintos establecimientos de la UBA. Una de sus primeras acciones fue realizar un informe que detalla que en la Universidad de Buenos Aires conviven una cantidad aproximada de 359.700 personas entre docentes, no docentes y estudiantes, según el Censo UBA realizado en 2011 [11]. También se informa que aproximadamente se generan 941 contenedores de residuos por semana, que cargan alrededor de 170 Kg resultando en un total de alrededor de 0,4 Kg de residuos semanales per cápita. Según la Base de Datos de Personal de FIUBA de 2019, en ella conviven 550 trabajadores no docentes, 2221 docentes y 8698 alumnos, lo cual representa un total de 5.050 Kg de basura semanales entre las sedes de la Facultad de Ingeniería, de las cuales se estima que alrededor del 40% podría ser reciclable.

En este sentido, la Facultad de Ingeniería es un ámbito donde todos los integrantes, estudiantes, docentes y no docentes pasamos muchas horas del día. La generación de residuos propia de la Facultad es muy grande y variada, y la problemática de la acumulación de residuos es un tema a abordar desde diferentes puntos de vista. Por un lado, desde la estética, no es agradable ver los cestos de basura rebosantes además producen olores nauseabundos principalmente en épocas de calor. Por otro lado, desde la salud pública, no resulta saludable que estén en ese estado ya que se convierten en peligrosos focos infecciosos que además atraen insectos. Y desde el punto de vista medioambiental, resulta en un desperdicio que podría ser aprovechado minimizando su impacto. Sin dejar de tener en cuenta el punto de vista social en el cual se toma en cuenta la concientización de la población, su vinculación con la problemática y los aportes individuales que se pueden hacer a una problemática global.

Dado lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo es compartir la metodología y resultados del proyecto que este equipo de trabajo viene desarrollando encadenadamente desde hace tres años, esperando que sirva como ejemplo de una herramienta educativa para la formación de futuros ingenieros en materia de sustentabilidad y medición de impacto social.

Se presentará entonces en esta oportunidad el proyecto titulado “El origen de la separación (III)” que involucra a la FIUBA como entidad educativa y de investigación, al Jardín N°922 de Calzada, a la Escuela Secundaria N°65 de Claypole, y a la Cooperativa “Amanecer de los Cartoneros” del MTE (Movimiento de Trabajadores Excluidos) [12] que se enlaza y continúa la labor comenzada con el anterior proyecto presentado en esta línea en la convocatoria UBANEX del año anterior [13]. Este nuevo proyecto propone armar grupos de “Promotores Ambientales” (PA) compuestos por estudiantes de Ingeniería como parte de sus Prácticas Sociales Educativas, capacitarlos en separación de residuos en origen, en la cadena de reciclaje de cada corriente, vincularlos con las entidades recicladoras del MTE y formarlos como futuros capacitadores para luego asistir a cada Institución Educativa vinculada para transmitir sus conocimientos y formar nuevos PA en cada nivel Institucional. Además, se plantea diseñar un sistema de separación en origen de las diferentes corrientes para instalar en la Facultad, de las que la cooperativa se encargará de reciclar.

Este proyecto comienza su tercer año de desarrollo y en este nuevo ciclo se espera continuar con la misma motivación, esfuerzos y ya con el camino allanado en nuestro accionar gracias a la construcción generada en los años anteriores por el mismo. Se busca divulgar acciones de buenas prácticas en la disposición de residuos y generar el conocimiento adecuado para que la comunidad comprenda que las acciones individuales afectan los intereses colectivos. Se espera estrechar lazos entre la Comunidad, los Trabajadores del Reciclaje y la Universidad al evidenciar los aportes desarrollados.

Se espera entonces seguir contribuyendo a la formación de los alumnos como Promotores Ambientales para la transferencia de conocimiento hacia la comunidad en general en el marco del Programa UBA Verde. Como objetivos específicos se tendrá i) favorecer el trabajo interdisciplinario entre alumnos del jardín, de colegio, universitarios y docentes de diferentes niveles educativos, trabajadores de la Cooperativa, e investigadores; ii) la participación de los promotores ambientales en la divulgación del conocimiento que adquieran; iii) poder reconocer la evolución del alumno a través de su Práctica Social Educativa encontrando la mejor forma de evaluar y dar por aprobada esta experiencia; iv) continuar con la implementación del sistema de separación y gestión de residuos en la FIUBA interactuando y revalorizando el rol de los recicladores en el proceso de reciclaje; v) continuar con el relevamiento de la dinámica estacional y la cantidad de residuos que

se producen y disponen en diferentes áreas de la FIUBA; vi) seguir fomentando el aprendizaje en sostenibilidad y magnitud de impacto social de proyectos en los futuros ingenieros.

2. DESARROLLO METODOLÓGICO

En esta sección se describirá la metodología a emplear para la realización de este proyecto a partir de las actividades propuestas y la forma de medir sus resultados.

Vale destacar que por los hechos de público conocimiento en referencia al coronavirus Covid-19 y de acuerdo a las disposiciones nacionales y en efecto las resoluciones de instituciones educativas y públicas consecuentes, gran parte de las actividades planificadas para el desarrollo de este proyecto se vieron afectadas en cuanto a su fecha de inicio (planificado para abril del 2020), dado que varias de ellas requieren el encuentro físico entre participantes implicados, visita a instituciones educativas y trabajo conjunto. Esto no implica igualmente que no se hayan seguido haciendo esfuerzos y reflexiones sobre el proyecto durante este tiempo. El equipo se encuentra unido y reconcentrado frente a la creciente necesidad de apoyo que manifiestan muchos sectores de la comunidad a partir de lo que suscitó el contexto nacional y global.

Luego de esta consideración, se enumeran en la tabla a continuación las actividades a llevar a cabo en orden cronológico junto con las implicancias de cada una y la forma en que se evaluarán sus resultados (detalle qué indicadores y fuentes de información a utilizar para la verificación del impacto social y la autoevaluación de cada una):

Tabla 1 *Enumeración de las actividades a realizar en el proyecto presentado junto con sus implicancias y su forma de autoevaluación en cada caso.*

Nº	Actividad propuesta	Implicancia	Medición de resultados
1	Evaluación participativa con los alumnos de las actividades realizadas en la etapa anterior.	Análisis de fortalezas y debilidades e identificación de los inconvenientes encontrados; planteo de las soluciones más adecuadas.	Planillas de asistencia a las reuniones, informe final de etapa anterior.
2	Realización de reuniones con el grupo de trabajo a nivel informativo y organizativo.	Estas reuniones tendrán como fin el diseño y armado de la folletería y el material de difusión, consensuar una estrategia de implementación, verificación y mantenimiento del sistema de difusión.	Actas de reuniones y planilla de asistencia.
3	Visitas y/o reuniones con los trabajadores de las plantas de reciclaje	Se busca formar al equipo del proyecto en procesamientos de residuos y su aprovechamiento.	Actas de reuniones y planilla de asistencia y material fotográfico
4	Armado de grupos de trabajo interdisciplinarios entre alumnos y otros participantes (los mencionados Promotores Ambientales - PA).	Se identificarán distintos tipos de materiales en los residuos susceptibles de ser reutilizados o reciclados. También en esta etapa se hará una exhaustiva búsqueda bibliográfica por parte de los grupos.	Actas de reuniones y planilla de asistencia
5	Tutoreo de búsqueda bibliográfica de los alumnos y participantes.	Se busca clasificar y revisar la información encontrada para la presentación de seminarios con información certera.	Informe de avance de los trabajos
6	Presentación de los seminarios.	Se busca formar a los PA para que puedan transmitir su conocimiento formando al resto de miembros del proyecto y a la comunidad FIUBA para lograr una separación eficiente en origen.	Material generado por los alumnos-Evaluación de los docentes
7	Reuniones de coordinación de actividades y lineamientos generales con los	Se busca fortalecer la vinculación entre equipos y unificar criterios.	Actas de reuniones

	responsables del Programa UBA Verde		
8	Impresión de materiales gráficos, generación de medios audiovisuales y compra de remeras identificativas para los PA.	Se necesitarán estos materiales para la comunicación efectiva de la campaña	Material de difusión y folletería. Material audiovisual,
9	Organización de talleres didácticos con los PA como oradores y guías	Es aquí donde los PA mostrarán distintas maneras de efectuar la reutilización y el reciclado de algunos materiales.	Difusión en la página de la FIUBA. Documentación fotográfica
10	Cuantificación de las distintas corrientes de residuos por parte de los equipos encargados de dicha tarea	Se espera generar información propia de la FIUBA	Planillas de cuantificación de residuos
11	Gestión para la disposición de las distintas corrientes.	Se busca la manera más eficiente de disponer cada fracción en función de su utilidad posterior.	Actas de reuniones
12	Continuación de la manipulación y reacondicionamiento del material de Oficina de Publicaciones de FIUBA.	Vale destacar que los envoltorios de las resmas de papel no son reciclables pero sí reutilizables por lo tanto se acondicionarán y cortarán para reutilizar del lado blanco y se entregarán al jardín para que los niños hagan sus dibujos.	Documentación fotográfica
13	Continuación de la evaluación del proceso de reciclaje e implementación de ajustes.	Estamos en contacto con personal de otra Facultad de UBA (Ciencias Económicas) que ya ha implementado un sistema de reciclaje con éxito por lo que esperamos adoptar sus aprendizajes también.	Acta de reunión.
14	Visitas y capacitaciones a alumnos y cuerpo docente del jardín.	Se realizarán capacitaciones a docentes y alumnos de los diferentes niveles educativos. Se organizarán espacios de "fiesta-taller" de reciclado en el jardín para lograr un buen acercamiento de la temática.	Documentación fotográfica
15	Reunión final entre la totalidad de los miembros del proyecto con entrega de certificados a los Promotores Ambientales.	Evaluación interna sobre los procedimientos realizados y las mejoras que se puedan formular.	Acta de reunión. Informe final. Documentación fotográfica

2.1. Otras consideraciones de los integrantes del equipo, edilicias y de antecedentes para el desarrollo del proyecto

2.1.1. El equipo de trabajo

El grupo de trabajo que forma parte de la dirección de este proyecto pertenece al Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos (LaQuíSiHe) y al Instituto de Química Aplicada a la Ingeniería (IQAI), ambos situados en la Facultad de Ingeniería de UBA en su sede de Av. Paseo Colon 850, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Dentro de él también desarrollan un rol clave para este proyecto varios investigadores y estudiantes que diariamente desarrollan su labor en el Laboratorio. Este grupo de trabajo cuenta con una vasta experiencia en proyectos de extensión desde la creación del Laboratorio en el año 1996. Adicionalmente, el personal que no es docente

del Departamento de Química de la FIUBA también colaborará con diversas tareas dentro del proyecto.

Adicionalmente, se destaca que dentro de nuestro equipo de trabajo contamos con dos de los tres representantes de la FIUBA ante el Programa UBA Verde, la Dra. Piol y la Dra. Saralegui.

2.1.2. Recursos universitarios existentes

La Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil es hoy el nexo entre la Facultad de Ingeniería y el Programa UBA Verde perteneciente a la Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar estudiantil de la Universidad de Buenos Aires. Cuenta con personal administrativo, oficina en la sede de Paseo Colón y equipamiento informático. Además posee la capacidad de dar curso a la promoción del Programa a través de los canales de difusión de la Facultad y para la organización de charlas, talleres y encuentros. Además pone a disposición del proyecto el apoyo institucional para la implementación del Programa UBA Verde en Ingeniería.

2.1.3. Infraestructura asignada al proyecto

La Cooperativa de Reciclado del Movimiento de Trabajadores Excluidos (MTE) de la Confederación de Trabajadores de la Economía Popular (CTEP), colaborarán con el retiro de diferentes corrientes de reciclado y con el reciclado del material. También aportarán la posibilidad de realizar las visitas a las plantas y las reuniones con los trabajadores.

Las autoridades del Jardín N°922 y su personal docente y auxiliar también colaborarán con el proyecto brindando el espacio físico para realizar los talleres con los alumnos y recibirán el material reciclado que utilizarán en trabajos que realizarán los niños del jardín. Cuentan con un salón techado con capacidad para 80 personas, sillas, mesas, etc. Además, a través del Jardín y su personal, se tomará contacto con los padres de los alumnos mediante notificación y pegado de folletería en el barrio. Colaborarán con la difusión de las actividades del proyecto y concurrirán a los talleres y cursos de divulgación organizados.

3. RESULTADOS PROYECTABLES

Basándonos en los resultados obtenidos en los anteriores proyectos de esta secuencia, se espera que con la implementación de este proyecto se generen los siguientes efectos sobre todos los actores participantes del mismo:

- En cuanto a la comunidad de la FIUBA se pretende generar conciencia y formar gente con capacidad de acción sobre la problemática planteada inicialmente. Se espera lograr que todos los integrantes colaboren en la separación en origen de los residuos creando un hábito trasladable a otros ámbitos en los cuales cohabiten.
- En cuanto a los alumnos que participaran en el proyecto se busca:
 - que a partir de su formación como PA aprendan a interactuar de manera interdisciplinaria, beneficiándose y enriqueciéndose con la multiplicidad de puntos de vista.
 - que apliquen los conocimientos adquiridos durante sus estudios en una problemática concreta como es la disposición de residuos, que salgan del ámbito académico y reconozcan el impacto que puede tener en la sociedad la aplicación práctica de lo estudiado en cada facultad.
 - que vayan adquiriendo un criterio sobre la metodología de trabajo a aplicar y sean disparadores en la concientización por el cuidado de los recursos naturales mediante la correcta gestión de los residuos, además del impacto social que tienen sus acciones tanto personales como profesionales.
 - que puedan estudiar la factibilidad de la aplicación de técnicas sustentables, sostenibles y de bajo costo para la resolución de problemáticas ambientales, y conocer e interpretar los procesos que las sustentan, interpretar alcances y limitaciones de aplicación de los métodos empleados. Estas acciones posibilitarán analizar el impacto que el proyecto puede producir sobre la comunidad en estudio.
 - que a partir de la vinculación activa con otros actores sociales como son los Trabajadores del Reciclaje, los niños del Jardín y la comunidad en general puedan nutrirse de esta experiencia fortaleciendo su pensamiento crítico.
- En cuanto a los trabajadores de MTE se generará un beneficio directo ya que recibirán las materias primas que podamos obtener de la separación en origen y además se logrará la jerarquización y difusión de su labor dentro del ámbito de la FIUBA, aspectos que los empoderarán frente a la comunidad
- En cuanto al Jardín n°922 también recibirán un beneficio directo que es las hojas de papel recicladas que hacen en la reducción de costos y un beneficio a largo plazo para la comunidad en general que es el acercamiento y la concientización de los niños sobre los temas medioambientales y en particular la regla de las 3R, ejerciendo un efecto multiplicador en sus alumnos y familias.

- En cuanto a las cátedras que participaran en el proyecto, podrán:
 - especializar recursos humanos que respondan a la demanda concreta de la comunidad
 - generar vínculos interdisciplinarios
 - aplicar metodología de investigación en casos concretos
 - responder a una demanda concreta de la comunidad
 - contribuir al intercambio y la cooperación entre la universidad y la comunidad, promoviendo la interacción entre distintos actores sociales.
- Se espera que con las actividades propuestas se pueda seguir involucrando activamente a toda la comunidad dentro y fuera de la FIUBA en la implementación y utilización de los dispositivos de separación. Además se espera que estas acciones y conocimientos sean disparadores de una conciencia ambiental colectiva donde se planteen nuevas metas de mejoramiento a alcanzar.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que la inmersión en estas tareas resulta en un gran cambio de perspectiva para el alumnado sobre la importancia de la sostenibilidad de todos los proyectos que les toque emprender en su vida profesional, y esto se debe a la cercanía que toman con las problemáticas del entorno que los rodea. Lo mismo sucede con su entendimiento respecto a cómo las actividades proyectuales que propicien deben medir antes de realizarse qué consecuencias traerá en la vida de las personas como requisito fundamental.

Emprendimientos interdisciplinarios como los de este tipo hace que todos sus integrantes conozcan sobre la labor de aquellos colaboradores o compañeros que desarrollan su trabajo en otros ámbitos y espacios. En el caso de los estudiantes de las carreras de ingeniería, les permite sumirse en diferentes áreas de incumbencia relacionadas con sus carreras de grado que en la cursada tradicional sin las PSE, se hubiesen perdido de experimentar en primera persona.

Resulta importante también destacar el rol fundamental que ocupan hoy en día las instituciones educativas como agentes sociales, en particular puede destacarse el rol de la Universidad como última etapa formativa para una gran parte de jóvenes y como facilitadora no solo de información curricular sino también como prestadora de este tipo de herramientas que permitan facilitarle al alumno estas experiencias tan enriquecedoras para su formación profesional y cívica. La labor docente no debe perder de vista la importancia de estos factores y acompañar al alumno en este recorrido. Estas tareas le permiten al grupo reflexionar acerca de problemas ambientales cuyos impactos sociales, naturales, económicos y culturales son significativos para las comunidades locales.

La inmersión en estas tareas resulta en un gran cambio de perspectiva para el alumnado sobre la importancia de la sostenibilidad de todos los proyectos que les toque emprender en su vida profesional, y esto se debe a la cercanía que toman con las problemáticas del entorno que los rodea. Lo mismo sucede con su entendimiento respecto a cómo las actividades proyectuales que propicien deben medir antes de realizarse qué consecuencias traerá en la vida de las personas como requisito fundamental.

Con estas prácticas quedan instituidos espacios de diálogo y de conexión entre especialistas de diversas áreas del conocimiento que permitan el enriquecimiento de miradas y la formación de redes.

Resulta enriquecedor para el alumnado, docentes y comunidad en general reconocer estrategias y saberes científicos y populares que permitan la instrumentación de diversas alternativas de gestión ambiental (pública, privada o autogestión comunitaria) así como también de medición de impacto social de actividades profesionales.

Quedará pendiente la elaboración de futuras conclusiones a partir de la puesta en práctica de este proyecto en un futuro favorablemente próximo.

5. REFERENCIAS

- [1] Puig Rovira, J. M., Gijón Casares, M., Martín García, X. y Rubio Serrano, L. (2011). "Aprendizaje-servicio y Educación para la Ciudadanía. Revista de Educación", *número extraordinario*, pp. 45-67.
- [2] Puig Rovira, J.M., Páez Sánchez M. (2013). "La reflexión en el Aprendizaje-Servicio", 2(2), pp. 13-32, ISSN: 2254-3139.
- [3] Simó Algado, S. (2013). "University Service Learning: Materializing Social Commitment of the University from an Education Based on Excellence". *Estudios sobre el Mensaje Periodístico. Edición especial. Vol. 19 Núm. pp 1027 -1036*.
- [4] Mulder, K. (2017). *Sustainable Development for Engineers*. Edicions UPC. Cataluña, España.
- [5] Manzano, V. (2010). *El aprendizaje-servicio y su potencial para la educación superior. VI Jornadas de educación en Psicología*. Sevilla, Universidad de Sevilla.

- [6] Tapia, M. N. (2018). *El compromiso social en el currículo de la Educación Superior*. Primera edición. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Resolución A/RES/70/1. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. 25 de noviembre de 2015. Edición electrónica: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>.
- [8] Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires. (2014). Resolución (CS) 172/14. Buenos Aires, Argentina.
- [9] Ley Nacional N°1.854/05. (2005). *Ley "Basura Cero" para la Gestión de Residuos Urbanos, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires*. <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/anexos/drl1854.html>
- [10] Programa UBA Verde. (2019). Programa de Extensión Universitaria de la Universidad de Buenos Aires. Página Oficial UBA Secretaría de Extensión <http://www.uba.ar/extension/contenido.php?id=16&m=4>
- [11] Censo Universidad de Buenos Aires. (2011). Resultados finales. Coordinación General de Planificación Estratégica e Institucional. <http://www.uba.ar/institucional/contenidos.php?id=194>
- [12] El Origen de la Separación II. (2019). 11er llamado UBANEX, "CONSOLIDANDO LAS PRÁCTICAS SOCIALES EDUCATIVAS". Directora: Dra. María Natalia Piol Codirectora: Lic. Andrea Saralegui. Resol CS: 1081/19.
- [13] Plan de Acción a Corto Plazo para la Prevención de Riesgos sobre la Salud por Consumo de Agua de Pozo II. (2018). 9no. Llamado UBANEX, "DOCTOR BERNARDO ALBERTO HOUSSAY - 70 ANIVERSARIO PREMIO NOBEL". Directora: Dra. María Natalia Piol Codirectora: Lic. Andrea Saralegui. Resol CS: 5399/16.

Caso de análisis particular aplicable a carrera Ingeniería Industrial

Carrizo, Blanca; Abet, Jorge; Camino, Constanza

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba.

CP: 5000. bcarrizo@frc.utn.edu.ar / jabet@frc.utn.edu.ar

RESUMEN

Esta propuesta de trabajo surge de un estudio de pertinencia realizado en el seno de la carrera corta Tecnicatura Universitaria en Programación (TUP) de la Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.), Facultad Regional Córdoba (F.R.C.), con el objetivo de brindar una alternativa educativa innovadora en una carrera corta requerida por el mercado laboral actual.

Inicialmente, la propuesta pedagógica se implementó como prueba piloto en el Centro Regional de Educación (CRES) en la modalidad semipresencial. Claro que la situación sanitaria global y en especial la regional, producto de la pandemia por COVID- 19, precipitaron la migración de la modalidad semipresencial del CRES y de toda la carrera a la virtualidad.

En este contexto, la U.T.N. ha asumido un rol activo y determinante en relación con las prioridades que debe afrontar la educación en el siglo XXI, considerando el compromiso social y académico al que responde desde su creación, de origen obrero y carácter federal.

Actualmente, la implementación de las carreras académicas de pregrado, grado y posgrado está potenciada por la Ordenanza N° 1627, mediante la cual se crea del Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) de la U.T.N., como un conjunto de acciones, normas, procesos, equipamiento, recursos humanos y didácticos que permiten el desarrollo de propuestas a distancia. De esta manera se encuentra una oportunidad frente a la crisis la cual se fortalece con el marco normativo constituido, el cual permite enfrentar esta pandemia con cambios acelerados en el modelo de enseñanza – aprendizaje.

En este contexto se plantea un análisis a priori de cuáles asignaturas del Dpto. Ing. Industrial se adaptarían a modalidad semipresencial o virtual conforme perfil y análisis de factibilidad de cada una de ellas; dado el perfil de naturaleza creativa y dinámica del Ingeniero Industrial Tecnológico; con capacidad para afrontar y liderar el cambio, dispuesto y motivado a enfrentarse a un medio globalizado y competitivo en busca de la mejora continua.

Este perfil se apoya en uso de herramientas basadas en TIC´s, las cuales son transversales a lo largo de todos los campos de desempeño de la profesión, tanto en la Universidad como en la faz laboral.

Palabras Claves: Pandemia. Tecnologías de Información y Comunicación. Innovación Curricular.

ABSTRACT

This proposal arises from a study of relevance carried out within the short term career of Tecnicatura Universitaria en Programación (TUP) from Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.), Facultad Regional Córdoba (F.R.C.), with the aim of providing an innovative educational alternative in a short career required by the current labour market.

Initially, the pedagogical proposal was implemented as a pilot test at the Regional Education Center (REC) in the semi-classroom mode. Because of the global health situation, and especially the regional health situation of the pandemic caused by COVID-19, the migration to the semi-classroom modality of CRES and to the entire undergraduate career to virtual teaching arose.

In this context, the U.T.N. has assumed an active and decisive role in relation to the priorities that education must face in the 21st century, considering the social and academic commitment to which it has responded since its creation, that of workers' origin and federal character.

Currently, the implementation of undergraduate, graduate and postgraduate academic careers is enhanced by Ordinance N° 1627, through which the Institutional System of Distance Education (SIED) of the U.T.N. is created, as a set of actions, standards, processes, equipment, human and educational resources that allow the development of proposals at a distance. In this way, an opportunity is found in the face of this crisis, which is strengthened by the established normative framework, which allows us to confront this pandemic with accelerated changes in the teaching - learning model.

In this context, a prior analysis of which subjects from Departamento de Ingeniería Industrial would be adapted to semi-classroom or virtual mode according to profile and feasibility analysis of each of them is presented. Given the creative and dynamic nature of the Industrial Technological Engineer; with the ability to face and lead change, willing and motivated to face a globalized and competitive environment in search of continuous improvement.

This profile is based on the use of ICT-based tools, which are transferable throughout all fields of the profession, both at University and in the workplace.

Keywords: Pandemic. Information and Communication Technology. Curricular Innovation.

1. INTRODUCCIÓN

El mundo enfrenta una pandemia sin precedentes que define una nueva forma de vida en todos los ámbitos, en especial a nivel educativo. La suspensión de clases presenciales fue una de las primeras acciones preventivas que se dictaminaron a partir de la pandemia por el COVID 19. Decisión que afectó profundamente el sistema educativo, en todos sus niveles en general y al Universitario en sus tres segmentos: pregrado, grado y posgrado.

Frente a una Argentina con grandes problemas estructurales donde la inequidad recorre el ancho y largo del país. El nuevo contexto de educación a distancia puso de manifiesto las grandes desigualdades que se encuentran y que hoy limitan el derecho universal de acceder a una educación de calidad.

En este contexto, el sistema de educación superior logró adaptarse de manera bastante satisfactoria a esta situación de contingencia, teniendo en cuenta que la misma se desarrolló como respuesta inmediata al escenario vigente.

En esa adecuación primó, el uso de Tecnología de Comunicación (TIC's), la cual se utilizó en un marco de amplia heterogeneidad entre universidades e incluso al interior de cada institución, que se reflejaron en uso de: sistemas de gestión académica, plataformas de educación virtual, herramientas de videollamada, software para grabar clases, entre otros.

Quedó de manifiesto que las instituciones que mejor pudieron hacer frente a este desafío fueron las que contaron con un cuerpo docente capacitado y dispuesto a encontrar soluciones; así como estudiantes que disponían de los recursos necesarios y supieron adaptarse a una situación que se caracteriza por una mayor autonomía y autodisciplina, en sistemas tecnológicos robustos, preparados para dar servicios a toda la comunidad educativa.

Claro que, es importante no perder de vista que a la par del desarrollo de la Carrera a distancia hay que trabajar para el análisis del futuro próximo post pandemia, y delinear cómo será la "nueva normalidad".

Entre las oportunidades que pueden ser consideradas se encuentra el de la posibilidad de la **modalidad mixta de enseñanza** o "**blended learning**" que ha ganado un espacio que se conservará en el futuro, cuando la pandemia haya finalizado, brindando un abanico de nuevas propuestas orientadas a distintas demandas y necesidades sociales de formación superior.

Algunos escenarios posibles, basados en los objetivos de esta modalidad serán:

- Flexibilizar la asistencia presencial, evitando los dificultosos traslados en las grandes ciudades, pero manteniendo altos niveles de exigencia.
- Actividad presencial en los Campus Universitarios, con espacios verdes que faciliten el distanciamiento.
- Virtualidad que resolverá problemas de localización física de los estudiantes, especialmente en ciertos campos de conocimiento donde la actividad productiva está alejada de las grandes aglomeraciones urbanas o supone viajes en forma permanente.
- Posibilidad de acceder a una instancia de Educación Superior que por sus actividades cotidianas laborales y familiares hubiera sido imposible.

Es decir que, las propuestas de alto nivel de calidad, de nivel intermedio y también otras menos exigentes, que atenderán y responderán demandas específicas de distintos sectores de la población crecerán exponencialmente y los futuros estudiantes globales podrán acceder a carreras que antes parecían inalcanzables dado que solo se dictaban en modalidad presencial.

Todos estos nuevos cambios estructurales implicarán un reordenamiento del sistema de educación superior, que hoy está cruzado transversalmente por esta pandemia y permitirá aumentar el acceso a la Educación Superior Gratuita.

En el mediano plazo, las instituciones que tengan más claramente identificadas las demandas sociales a atender y que respondan en tiempo y forma a través de una gestión interna eficiente, serán las que tendrán las mayores oportunidades de desarrollo en los próximos años.

1.1. Impacto de la Pandemia a nivel global

La pandemia, provocada por el coronavirus, presenta un momento histórico que marcará la vida futura y que hoy representa un reto para todo el mundo, no solo para las empresas y las instituciones educativas, sino también para la población en todos los ámbitos.

Este desafío requiere un cambio de cultura y el desarrollo de nuevas habilidades, además de adaptación y experimentación constante para cumplir con los objetivos basados en la transformación digital.

En este contexto, algunos desafíos en un mundo pos pandemia a los que se enfrentan los profesionales debido a la transformación digital en la educación y trabajo, se reflejan en retos actuales de la educación online; con ventajas referidas a capacitación remota, ahorros de tiempo y dinero en traslado de los estudiantes a centros educativos, contaminación ambiental, entre los más significativos.

Algunos desafíos a que se presentan son:

- Cultura de auto orientación: en el camino a consolidar una eficiente educación online, las organizaciones educativas, a través del uso de las TIC's deben generar un proceso de autoayuda

que encamine a potenciar su desarrollo personal, académico, emocional, social y profesional, teniendo en cuenta su propia realidad y la de su entorno próximo. Esta orientación online debe hacerlo a través de canales digitales basados en métodos basados en proyectos o en aprendizaje en compañía.

La meta actual (2020) establecer la educación *online* no solo como un aliado ante el aislamiento social, sino como el futuro del sistema educativo.

Aunque las jornadas se cumplirán fuera de los salones convencionales, alejados de los bancos y de los compañeros, los programas educativos continuarán siendo los mismos y abriéndose camino entre las múltiples ventajas de la educación online.

Algunos desafíos de la educación online post pandemia serán:

- El aprendizaje híbrido aumentará exponencialmente, dado que el valioso tiempo de clase se utilizará de manera más productiva para la discusión, el debate y la práctica guiada.
- La educación en línea será una prioridad estratégica en cada institución, dado que será reconocida como el núcleo del plan estratégico institucional y continuidad académica de cada escuela.
- El papel del profesor será redefinido, debiendo mutar su perfil hacia la facilitación del desarrollo de los estudiantes como miembros contribuyentes de la sociedad.

Al igual de las instituciones educativas han encontrado en la educación en línea la salida más eficiente, todas las empresas, aún las más renuentes al tema, hoy enfrentan el desafío de convivir y desarrollar el trabajo online.

El teletrabajo ocasional debería verse como una opción beneficiosa para todas las partes.

El trabajador por su lado puede desarrollar su actividad profesional con una mayor eficiencia, ya que produce ahorros en tiempos improductivos (desplazamientos, ineficiencias en el lugar de trabajo e, incluso, reuniones más cortas).

Algunos desafíos del trabajo online serán:

- Mejorar la comunicación, para que la comunicación sea efectiva será necesario buscar medios de contacto que puedan ser consultados en cualquier parte del mundo por todos los miembros del equipo.
- Cuidadosa selección de herramientas y metodologías online para la gestión del trabajo, basados también en eficientes soluciones digitales
- Trabajar por objetivos y no por horarios, con una visión enfocada en resultados permite flexibilizar horarios y ayuda a que las personas administren mejor su tiempo.

De acuerdo con los expertos, la pandemia por COVID-19 traerá algunos cambios a las dinámicas de trabajo que podrían ser permanentes:

- El teletrabajo será una demanda de los profesionales, este beneficio se establecerá en una de sus prioridades al momento de considerar opciones de un nuevo empleo.
- Los líderes podrían aprovechar la oportunidad para dar a sus empleados más control
- Cada individuo aprenderá a ser más independiente, cuando se trate de programar y planificar.
- Aprenderemos a combinar la vida familiar con la vida laboral.

Mirando hacia el futuro, algunas de las habilidades más importantes que buscarán los empleadores serán la creatividad, la comunicación y la colaboración, junto con la empatía y la inteligencia emocional; y poder trabajar a través de líneas demográficas de diferencias para aprovechar el poder del colectivo a través del trabajo en equipo efectivo.

2. CASO DE ANÁLISIS

Ante el escenario de pandemia se plantea el desafío de avanzar hacia la virtualización del proceso de enseñanza aprendizaje. Para ello, en primer lugar, se debe tener en cuenta la adecuación y la aplicabilidad de la semi presencialidad como modalidad docente que se centra en la idoneidad de la misma vinculada a las distintas áreas o ámbitos de conocimiento. La segunda consideración es sobre su uso en los diferentes niveles académicos.

En cuanto a la adecuación de sostener la semi- presencialidad de los ámbitos de conocimiento en la Carrera de Ingeniería Industrial en un escenario post pandémico, se puede establecer en un primer momento que las posibilidades de extensión de la modalidad semipresencial es alcanzable, pero no en toda la carrera sino puede ser aplicada a algunas áreas de manera específica.

En el caso de Ingeniería Industrial rige el diseño curricular de acuerdo a la Ord. 1114 y se componen con materias del ciclo básico (común a todas las carreras de la Facultad) y las asignaturas propias curriculares y las asignaturas electivas no poseen la capacidad y voluntad para el trabajo autónomo y con competencias tecnológicas reales (no exclusivamente de redes sociales) para inscribirse directamente en enseñanza semipresencial.

Electivas	Proyecto Final	Ingeniería en Calidad Relaciones Industriales
Comercio Exterior		Manejo de Materiales y Dist. Planta
Mantenimiento		
Diseño del Producto	Evaluación de Proyecto	Planeamiento y Ctról. Prod.
Mecánica y Mecanismos		
Investigación Operativa		Electrotecnia y máquinas Eléctricas
Análisis numérico y Cálculo Avanzado	Estudio del Trabajo	Termodinámica y Máquinas Térmicas
Comercialización		Estática y Resistencias de los Materiales
Informática II	Administración General	Conocimiento de Materiales
Informática I	Pensamiento Sistémico	Sist. Representación

Figura 1. Asignaturas del Dpto. Ing. Industrial. Elaboración propia

Claro que más que el nivel académico en sí mismo, la clave de la aplicabilidad de la semi presencialidad recae, según la mayoría de opiniones expresadas, en la madurez del estudiante: se requiere un perfil de personalidad formada, responsable y autónoma (atributos citados muy a menudo) para trabajar de forma autónoma y perseverante en el tiempo. Este perfil se puede encontrar en estudiantes de los últimos años de grado o en estudiantes con motivaciones especiales, y es poco habitual, en cambio, en estudiantes de primeros cursos de grado.

La formación docente en esta modalidad es un aspecto destacado en muchas de nuestros profesores e implica la preparación adecuada de los mismos en las nuevas competencias (tecnológicas, metodológicas, entre otros) para ser suficientemente autónomos y solventes.

Esto fue un factor a enfrentar ya que los docentes solo tenían instrucciones en herramientas telemáticas sin contar con formación semi presencial en los procesos de enseñanza-aprendizaje y fue necesario acompañarlos y capacitarlos en el uso de herramientas virtuales.

Así el desafío fue avanzar durante el año en la adaptación a la semi presencialidad con el uso de varias herramientas, algunas propias de la UTN tales como Moodle y el paquete de Office.

La Universidad contrato un servicio de video conferencia Zoom que fue utilizado masivamente por todas las asignaturas. El uso de estas herramientas permitió en una primera instancia desarrollar clases virtuales sincrónicas y no sincrónicas que se grabaron y subieron a YouTube o usando Drive de Google.

A continuación, se presenta una Imagen que refiere a una planilla relevada con la información por asignaturas y las herramientas utilizadas por las cátedras en la modalidad enseñanza a distancia y el cumplimiento de las instancias de evaluación.

Sobre el tema evaluaciones nos encontramos que los principales peligros identificados por los profesores fue el miedo a perder el control sobre el curso, la posible suplantación de identidad en las evaluaciones en línea y una inquietud genérica sobre cómo este tipo de modelo de aprendizaje se aparta de la cultura de una universidad tradicional de carácter presencial.

Así algunos docentes establecieron protocolos para poder desarrollar las evaluaciones utilizando Moodle combinado con Zoom para exámenes parciales y finales. Los protocolos establecían las condiciones de examen y abarcaba: Id de ingreso, matriculación en los cursos de Moodle, identificación del alumno, control visual del alumno vía Zoom, contemplar posibles cortes de conectividad, tiempos de examen, entre otros.

Desde la Facultad se dispuso de cursos de capacitación informales que se desarrollaron vía Zoom y tenían como objeto ayudar al docente en el uso de los medios indicados. La predisposición del profesorado y su confianza en el uso de las TIC constituyeron factores clave, así como el nivel de habilidad necesaria que ellos percibían para poder dar uso de las mismas. Los programas institucionales de desarrollo profesional por medio de la formación docente solucionan teóricamente el problema; pero, en la práctica, el esfuerzo que representa (sobre todo, en profesores de más edad) formarse en campos muy innovadores y cambiantes fue uno de los paradigmas más complicados de superar en algunos docentes.

La situación complementaria fue mantener la modalidad administrativa académica que debía sostenerse en la semi presencialidad y esto se superó con ayuda del personal no docente que ayudó en las cuestiones de inscripciones, actas de examen, equivalencias, alta y bajas de docentes, etc. Vimos el compromiso y aporte de todos para sostener la faz administrativa académica.

Como comentario debemos aceptar que esta pandemia nos plantea un desafío que de ahora en más lleve para quedarse que es la semi presencialidad.

Tabla 1. *Diseño Curricular de la carrera Ingeniería Industrial conforme Ord. 1114*

Asignatura	Año	Moodle	Zoom	Youtube	WapSap	Telegraf	Parciales	Apr. Direct	Finales
Informática I (Plan 2007)	1	si	si			si	si	si	si
Pensamiento Sistémico (Plan 2007)	1	si	si			si	si		si
Administración General (Plan 2007)	2	si	si	si	si	si	si	si	si
Informática II (Plan 2007)	2	si	si			si	si		si
Análisis numérico y Cálculo Avanzado (Plan 2007)	3	si	si			si	si	si	si
Costos y Presupuestos (Plan 2007)	3	si	si			si	si		si
Economía de la empresa (Plan 2007)	3	si	si			si	si		si
Estudio del Trabajo (Plan 2007)	3	si	si			si	si		si
Termodinámica y Máquinas Térmicas (Plan 2003)	3		si			si	si		si
Electrotecnia y máquinas Eléctricas (Plan 2007)	3	si	si			si	si		si
Instalaciones Industriales (Plan 2007)	4	si	si			si	si	si	si
Diseño de producto (Plan 2007)	4	si	si			si	si	si	si
Evaluación de proyectos (Plan 2007)	4	si	si			si	si		si
Investigación Operativa (Plan 2007)	4	si	si			si	si		si
Mecánica y Mecanismos (Plan 2007)	4	si	si			si	si		si
Planificación y Control de la Producción (Plan 2007)	4	si	si			si	si	si	si
Desarrollo Emprendedor (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Energías Renovables (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Gestión Emprendedora (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Simulación (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
World Class Manufacturing In Situ (Electiva)	5	si	si			si	si	si	si
Ética, Profesión y Responsabilidad Social en las	5	si	si			si	si		si
Gestión de Proyectos (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Manejo de Materiales y Distribución de Planta (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Coaching de Formadores (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si	si	si
Comercio Exterior (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Gestión del Conocimiento, la Innovación y Economía Crítica(Elec)	5	si	si			si	si	si	si
Innovación Sociointegrativa (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si	si	si
Logística (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Metodología de la Investigación (Electiva) (Plan 2007)	5	si	si			si	si	si	si
Proyecto Final (Plan 2007)	5	si	si			si	si		si
Decisiones en Escenarios Complejos (Electiva -Ing. Sistemas)	5	si	si			si	si	si	si
Emprendimientos Tecnológicos (Electiva - Ing. Sistemas)	5	si	si			si	si	si	si

La implementación de esta propuesta para la carrera Ing. Industrial está potenciada por la pandemia global a nivel general y en especial por la Ord. 1627 de junio de 2018 mediante la cual, se crea del SIED de la U.T.N., que contiene a las carreras de pregrado, grado y posgrado, sustentado en un enfoque pedagógico socio constructivista y sistémico mediado por las tecnologías apropiadas; permitiendo la implementación de propuestas académicas en modalidad semipresencial o a distancia.

En esta Ord. se reglamenta el SIED de la U.T.N. donde se detallan en diez (10) capítulos los lineamientos del mismo:

Capítulo 1: Consideraciones Generales

Capítulo 2: Propósitos

Capítulo 3: De la integración y estructura del sistema institucional de educación a distancia

Capítulo 4: De los docentes del sistema institucional de educación a distancia

Capítulo 5: De los estudiantes del sistema institucional de educación a distancia

Capítulo 6: De los materiales elaborados

Capítulo 8: Procedimientos de gestión institucional para el desarrollo de la oferta

Capítulo 9: De las unidades de apoyo

Capítulo 10: De la evaluación del sistema institucional de educación a distancia

En "Consideraciones Generales" se indica que para que una carrera de pregrado, grado o posgrado sea considerada como dictada a distancia se requiere que la cantidad de horas no presenciales supere el 50% de la carga horaria total prevista en el respectivo plan de estudios.

Cabe aclarar que, el porcentual se aplicará sobre la carga horaria total de la carrera sin incluir las horas correspondientes al desarrollo del trabajo final, tesina o tesis.

3. CONCLUSIONES.

La sociedad cambiante y un mercado de trabajo que demanda más flexibilidad obligan a la universidad a siempre valerse por instrumentos de innovación que garanticen la mejora continua.

El motor como instrumento principal de este cambio es el cuerpo docente, que tiene la responsabilidad y también la oportunidad constante de experimentar nuevos enfoques de aprendizaje y nuevos tipos de tecnología educativa para así dar cumplimiento a los objetivos de cada asignatura y el desarrollo de competencias.

Por último, cabe destacar que los nuevos paradigmas en la cultura institucional universitaria forzaron un cambio de orientación que se focaliza en el proceso y en los resultados de aprendizaje esperados. Se está pasando de una observación de la dinámica interna del profesorado –«qué debo enseñar»– a una observación constante de las necesidades de los usuarios –«qué tienen que aprender»– y de la sociedad en general.

Esto conduce a una cultura de servicio a la comunidad, cada vez más establecida en las universidades modernas como las nuestras.

El establecimiento de políticas estratégicas, en cuanto a nuevas modalidades de formación, no ha sido habitual en la mayoría de las universidades de nuestro entorno en esta última década. Más tangibles son las estrategias relacionadas con las plataformas virtuales en el uso docente institucionalizado de las TIC en todos los ámbitos: investigación, docencia, administración e, incluso, transferencia.

La nueva modalidad nos lleva a repensar los roles de la Universidad y de la Educación en general y el uso de las nuevas tecnologías en un entorno de semi presencialidad.

4. REFERENCIAS.

[1] Maria Howard. (2020). When Work from Home Stops Being Optional | How to Effectively Manage Remote Teams during COVID-19. 12/04/2020, de Linkge Sitio web: <https://www.linkageinc.com/leadership-insights/when-work-from-home-stops-being-optional-how-to-effectively-manage-remote-teams-during-COVID-19/>.

[2] Maya Shwayder. (2020). Coronavirus is closing schools and hinting at a digital future for education. 14/12/2020, de Digital Trends Sitio web: <https://www.digitaltrends.com/features/coronavirus-digital-education-k12/>

[3] IE Business School. (2020). Formación online para seguir creciendo como profesional. 12/04/2020, de El Economista Sitio web: <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Formacion-online-para-seguir-creciendo-como-profesional-20200323-0079.html>

[4] Universidad Tecnológica Nacional. Ord. 1114. Diseño Curricular de la carrera Ing. Industrial. U.T.N.

[5] Universidad Tecnológica Nacional Resolución Junio 2018 del Consejo Superior. Lineamientos del Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/buscador.php3>

[6] Zubieta Garcia y Rama Vitale. (2015). La Educación a Distancia en México.

Uso de sistemas de información geográfica como objeto de aprendizaje en las carreras de Ingeniería

Dr. Ing. Rodríguez, Leandro*; Ing. Luna, Sergio; Ing. Armiento, Fabián

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Ruta 4. (Ex Camino de Cintura) KM.2. Lomas de Zamora.
lrodriguez@ingenieria.unlz.edu.ar*

RESUMEN.

Esta línea de investigación se posiciona dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, en el curso de Diseño de Experimentos a través de la utilización de entornos virtuales para la enseñanza de análisis estadístico donde las variables se encuentran vinculadas a coordenadas geográficas.

El presente trabajo tiene por objeto describir el proceso de enseñanza – aprendizaje a través del cual los alumnos adquieren las herramientas y métodos geoestadísticos necesarios para la manipulación de variables referidas a una determinada ubicación geográfica, permitiendo la confección de modelos de mapas isorrítmicos, a través de un muestreo de resistividades dentro del campus universitario.

Se tomó como caso de estudio un terreno localizado dentro de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, el cual a través de un relevamiento en campo y mediante la aplicación del método Kriging Ordinario, se logra obtener como resultado final los mapas isorrítmicos del terreno en cuestión creados mediante la utilización del software Arcmap.

Palabras Claves: Geoestadística – Arcmap – Kriging – Objetos de aprendizaje

ABSTRACT

This line of research is positioned within the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora, in the course of Design of Experiments through the use of virtual environments for the teaching of statistical analysis where the variables are linked to coordinates geographical.

The purpose of this paper is to describe the teaching-learning process through which students acquire the geostatistical tools and methods necessary for the manipulation of variables related to a specific geographical location, allowing the creation of models of isorhythmic maps, through a sampling of resistivities within the university campus.

As a case study, a land located within the National University of Lomas de Zamora was taken, which through a field survey and through the application of the Ordinary Kriging method, is obtained as a final result the isorhythmic maps of the land in question created by using the Arcmap software.

Keywords: Geostatistics - Arcmap - Kriging - Learning objects

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la Información y comunicación (TIC's) tienen un impacto muy importante en el ámbito educativo, creando nuevos desafíos en lo que a la creación y desarrollo de material didáctico se refiere, ya que una misma disciplina, por medio de distintos métodos de aprendizaje, puede ser abordada de distintas maneras. En este sentido, según Tesler [1] "...es la correcta explotación de los medios tecnológicos y cómo aprender a utilizarlos con el máximo provecho...".

Hodgins señala que un Objeto de Aprendizaje es cualquier material digital que pueda ser diseñado y producido para ser empleado en diferentes situaciones pedagógicas [2].

Según Chan y González [3] y siguiendo la línea de pensamiento abordada desde el punto de vista pedagógico: "...el rasgo principal de un objeto de aprendizaje sería su 'integralidad', es decir, la posibilidad de presentar un objetivo de aprendizaje con elementos requeridos para lograrlo...". Siendo un objeto de aprendizaje, además, una "interfaz" que conecta un sujeto con el objeto real, se torna del mismo modo en una visión cognitivo – mediacional, por lo tanto, no existe una sola teoría, enfoque, metodología o modelo, con lo cual no existe una sola postura acerca de cómo "integrar" un objeto de aprendizaje.

En este sentido, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora cuenta con licencias del software ArcMap, el cual ofrece una herramienta ideal para el desarrollo de objetos de aprendizaje modernos, con el cual se pueden generar:

- Nuevas capacidades y saberes a través de un medio digital.
- Lograr un aprendizaje con fines educativos que representen mejoras sustanciales en el ámbito académico.
- Articulaciones transversales con otras áreas de la Facultad de Ingeniería.
- Resoluciones de problemas prácticos de la realidad con fines educativos y profesionalizantes.
- Lograr la "reusabilidad", integrando esquemas conceptuales, estableciendo conexiones mentales que favorezcan el entendimiento de la realidad a partir de una modelización.
- Identificación de necesidades del alumnado y de docentes.
- Actualización de conocimientos.

2. ANTECEDENTES.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, en su carácter de casa de altos estudios de índole técnico, posee laboratorios adecuados a las materias dictadas, lo cual favorece ampliamente la creación de objetos de aprendizaje. Desde este punto de vista, junto con las TIC's en desarrollo, se aúnan ambas en una herramienta muy importante para impartir conocimientos, no sólo en lo referido al contenido de las cátedras, sino también en nuevos desafíos tanto para los alumnos como para los docentes.

En este sentido, además, se buscará incrementar los índices de graduación y disminuir la alta desviación entre la duración real y teórica de los estudios, según lo indicado por Oscar M. Pascal [4], analizando también los impactos derivados de la implementación de los proyectos y explorar potenciales en los objetos de aprendizaje para la implantación de procesos de enseñanza y aprendizaje por competencias.

3. MATERIALES UTILIZADOS.

Para la realización de la experiencia, se utilizarán las instalaciones de la FI-UNLZ y parte del campus universitario, que consta de un terreno de 100m x 100m.

La utilidad principal de un sistema de información geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real, a partir de las bases de datos digitales. Estos modelos se los puede utilizar en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica [5].

Al inicio, esta herramienta se utilizó para manejar la información de análisis de suelo, para desarrollar mapas de dosis variables de fertilización y aplicación de cal agrícola. Luego, se usó SIG para manejar estudios más generales del suelo, datos de producción y otra información de manejo y administración agrícola. Sin embargo, el poder del GIS va más allá del desarrollo de mapas que muestran la variabilidad del suelo o del rendimiento.

El instrumento seleccionado para la recolección de datos es un resistivímetro Megabras MTD 20KWe (telurímetro y voltímetro digital de 3 ½ dígitos), N° serie: MM 9201 H con un rango de resistencias (20-200-200) Ω y 20 k Ω . Para el posicionamiento de los datos se utilizó un equipo GPS

diferencial Marca Trimble, modelo PRO XRT con corrección en tiempo real provista por la firma Omnistar, logrando alcanzar precisiones menores a 30cm en la geolocalización de cada una de las muestras recolectadas.

El almacenamiento de las muestras se realizó con un colector de datos marca Trimble, modelo NOMAD 900G. Los dispositivos de mano GPS integrados de la serie Trimble Nomad 900G son diseñados para un rendimiento superior en entornos difíciles, siendo compatibles con todas las aplicaciones de software de Trimble Mapping & GIS, y cuentan con varias configuraciones para que el usuario pueda elegir según el tipo de trabajo que requiera.

Para registrar y administrar los datos GIS dentro de la PDA se utilizó el software Terrasync. Este software es muy potente y permite registrar datos de posición y características para luego ser introducidos dentro de bases de datos GIS de forma rápida y eficaz.

El software Trimble GPS Pathfinder Office es un paquete de herramientas de posprocesamiento GNSS potente y fácil de usar que incorpora tecnología de corrección diferencial Trimble DeltaPhase diseñada para desarrollar información de sistemas SIG uniforme, confiable y precisa a partir de los datos GNSS capturados en el campo.

ArcMap es la aplicación central utilizada en ArcGIS. ArcMap es el lugar donde visualiza y exploran las bases de datos GIS del área de estudio, donde se asignan símbolos y donde se crea los diseños de los mapas para imprimir o publicar. Es la aplicación que utiliza para crear y editar base de datos. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Agrupa cientos de herramientas para realizar análisis espaciales. Estas herramientas permiten convertir datos en información y automatizar muchas de las tareas de GIS.

4. METODO.

Como ejemplo propuesto se lleva adelante un estudio geofísico de resistividad eléctrica del suelo.

Se tomarán un total de 100 muestras, sobre la superficie de 100 x 100 metros, a partir de las cuadrículas generadas, utilizando el método de las 4 puntas de Wenner.

La ubicación en cada punto de muestreo fue realizada mediante un geoposicionador GPS Trimble PRO-XRT con sistema de corrección en tiempo real Omnistar XP, lo que permitió tener un error en la posición de la muestra menor a 30 cm.

5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Para el análisis de los datos se utilizaron los laboratorios disponibles en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Una vez que los datos se encuentran disponibles, se inicia el análisis exploratorio para identificar, entender y buscar tendencias en los mismos, con este análisis se describió cualitativa y cuantitativamente los datos. Representando los datos en figuras y diagramas buscando identificar observaciones atípicas “outliers”, calcular los estadísticos descriptivos, identificar las poblaciones bajo estudio e identificar la distribución de probabilidad.

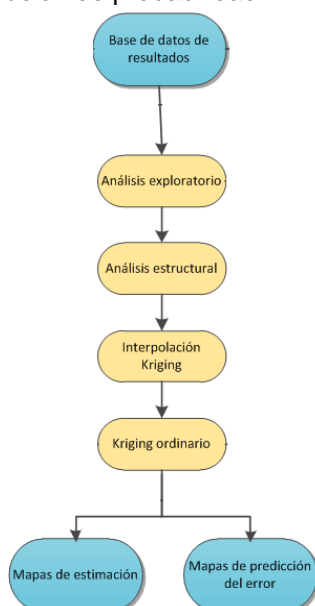


Figura 1. Procedimiento de análisis de datos – Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizado el análisis exploratorio de los datos, se procederá a realizar el análisis estructural de estos mediante la técnica geoestadística Kriging Ordinario.

La herramienta empleada para realizar un análisis geoestadístico será el ArcMap, con la extensión "Geoestatistical Analyst". Esta extensión provee de una variedad de herramientas para la exploración de datos espaciales, identificación de datos anómalos, predicciones óptimas, evaluación de predicciones dudosas y creación de superficies. Este módulo utiliza puntos de las muestras tomadas en diferentes localizaciones y crea una superficie continua [6].

6. RESULTADOS ESPERADOS.

Se busca lograr un salto de calidad en cuanto a la enseñanza a través de objetos de aprendizaje, debido a la capacidad de llevar adelante un estudio de campo analizado posteriormente por herramientas geoestadísticas, procesando una determinada cantidad de datos y estableciendo distintas relaciones entre una problemática real y una interpolación de datos en un entorno virtual. Buscando que sea aplicado y extrapolado a distintas investigaciones dentro de esta casa de altos estudios.

7. CONCLUSIONES.

Se puede concluir que el uso de los sistemas de información geográfica tienen un muy buen potencial no solo en el curso de posgrado en ingeniería, sino también en el diseño de experimentos, en simulación bajo una cantidad importante de variables y en los cursos de grado, debido a la amplitud de herramientas que tiene el software utilizado para casi todas las ramas de la ingeniería.

Por otro lado, significa una actualización de conocimientos tanto para docentes como para alumnos, siendo extensiva la utilización no solo al ámbito pedagógico, sino también a áreas de investigación científica.

7. REFERENCIAS.

- [1] L. Tesler, "Networked Computing in the 1990's, The computer in the 21, 1998.
- [2] H. Hodgins, «The future of learning objects» 11 08 2002. [En línea]. Available: <http://dc.engconfintl.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=etechnologies>. [Último acceso: 24 03 2017].
- [3] M. Chan y S. González, «Aspectos pedagógicos de Iso Objetos de Aprendizaje,» UDG Virtual - Universidad Autónoma de México, México, 2007.
- [4] O. M. Pascal, «Las tic's y su contribución al proceso de enseñanza y aprendizaje en carreras de Ingeniería: evaluación de experiencias en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora,» Rosario, 2011.
- [5] G. Ortiz, ««Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y,» 08 12 2002. [En línea]. Available: <http://recursos.gabrielortiz.com>. [Último acceso: 18 10 2016].
- [6] J. Llopis, Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio (4ª edición), España: Club Universitario, 2009.

Relación entre Estilos de Aprendizaje de los estudiantes y Permanencia en la Universidad en la carrera de Ingeniería Industrial de la FRSR-UTN

García, Hugo Alberto; Armijo, Daniela Alicia*; González Solana, Lucas Marcelo

Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional.

Urquiza 314.

danielaa.armijo@gmail.

RESUMEN.

La deserción es una de las problemáticas que enfrentan muchas instituciones universitarias, a la que aún no se le ha hallado una solución, aunque ha sido ampliamente investigada, y se han aplicado propuestas de mejora. En este proyecto, se analizó la posible relación entre el estilo de aprendizaje (EA) de los estudiantes de primer año de Ingeniería Industrial con su permanencia en la Universidad. El EA se relevó en tres cohortes sucesivas mediante el Índice de Estilos de Aprendizaje (ILS por sus siglas en inglés) de Felder, obteniéndose la misma tipología que la de estudiantes de ingeniería a nivel internacional. Para el análisis de los datos, el EA se midió mediante la variable cualitativa "EA preferido por los estudiantes de ingeniería" que toma los valores dicotómicos Si-No; y la permanencia mediante el "Progreso académico", una variable politémica ordinal cuyos valores pueden ser: Óptimo, Moderado, Regular, Insuficiente. Ambas variables se analizaron mediante tablas de contingencia, contrastando la hipótesis nula que presupone la independencia entre ellas, mediante el estadístico χ^2 de Pearson, utilizando un software para tal fin. La conclusión es que no hay una relación entre el EA del estudiante y su permanencia en la Universidad. Sin embargo, conocer este EA y el progreso académico puede ser útil para mejorar las prácticas pedagógicas. Como ejemplo, abordemos cuál debería ser el estilo de aprendizaje conveniente para los graduados de ingeniería. En la dimensión secuencial/global, los estudiantes prefieren el estilo secuencial. En la práctica, un ingeniero se enfrentará con problemas que podrían resolverse de varias maneras; potenciar el pensamiento global los fortalecerá para el mercado laboral.

Palabras Claves: deserción – estilos de aprendizaje – ILS de Felder – permanencia.

ABSTRACT

Dropout is one of the problems faced by many institutions of higher learning, for which a solution has not been found yet, although it has been extensively investigated, and proposals for improvement have been applied. In this project the possible relationship between the learning style (LS) of first-year Industrial Engineering students and their continuity at University was analyzed. The LE was surveyed in three successive cohorts using Felder's Index of Learning Styles (ILS), getting the same typology as the one of engineering students all over the world. For data analysis, LS was measured by the qualitative variable "LS preferred by engineering students" which takes the values Yes-No; and stay was measured by "Academic Progress", an ordinal variable whose values can be: Optimal, Moderate, Regular, Insufficient. Both variables were analyzed using contingency tables, contrasting the null hypothesis that assumes the independence between them, using Pearson's χ^2 statistic. The conclusion is that there is no relationship between the student's LS and their continuity at University. However, knowing this LS and academic progress can be useful to improve pedagogical practices. As an example, let's take what desirable learning style for engineering graduates should be. In the sequential/global dimension, students prefer the sequential style. In practice, an engineer will be faced with problems that could be solved in various ways; so that, empowering global thinking will strengthen them for the job market.

Keywords: dropout – learning styles – Felder's inventory – continuity.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque existen muchos modelos para caracterizar el estilo de aprendizaje, el ILS de Felder fue seleccionado por haber sido examinada la confiabilidad y validez del modelo [1], especialmente con estudiantes de ingeniería [2]. Cabe destacar, además, que la selección de la metodología para caracterizar el EA no afecta a la medición que se propone hacer. Se analizó el EA de los estudiantes de Ingeniería Industrial dado por cuatro constructos bipolares, correspondientes cada uno a: qué tipo de información perciben los estudiantes (sensitivo - a través de sensaciones físicas/intuitivo – a través de la información interna); qué tipo de información reciben (visual - la reciben en formatos visuales/verbal - la reciben en formatos verbales); la forma en que se procesa la información (activo - mediante tareas activas, actividades físicas o discusiones/reflexivo - a través de la reflexión o introspección); y la forma en que progresa el estudiante en su aprendizaje (secuencial - necesita progresión lógica de pasos incrementales pequeños/ global - requiere de una visión integral) [3]. Para el análisis de los datos, el EA se midió mediante la variable cualitativa “EA preferido por los estudiantes de ingeniería” que toma los valores dicotómicos Si - No. Por otra parte, para cuantificar la permanencia se plantearon dos modelos, que toman al “Progreso académico” como variable politémica ordinal cuyos valores pueden ser: Óptimo (PAO), Moderado (PAM), Regular (PAR), Insuficiente (PAI). Estos modelos fueron verificados para la cohorte 2017 con datos académicos del año en curso 2020. Por ejemplo, si un alumno había sido catalogado según el modelo como PAO, debería estar cursando durante 2020 el cuarto nivel de su carrera y tener aprobadas al menos un 80% de las materias cursadas. Tomando juntas las dos categorías superiores (PAO y PAM) y las dos categorías inferiores (PAR y PAI) el modelo 1 predijo correctamente el 80% de los casos analizados, con la particularidad de que en el 20 % restante en general subieron de categoría. Ambas variables se analizaron mediante tablas de contingencia, contrastando la hipótesis nula que presupone la independencia entre ellas, mediante el estadístico χ^2 de Pearson. La conclusión es que no hay una relación entre el EA del estudiante de Ingeniería Industrial y su permanencia en la Universidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Determinación de los Estilos de Aprendizaje

A partir del interés en determinar cuáles son los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes de primer año de Ingeniería Industrial, se seleccionó el índice de estilos de aprendizaje de Felder (ILS) como instrumento cuantitativo. Este clasifica las tendencias de aprendizaje en cuatro dimensiones: activo-reflexivo, sensorial-intuitivo, visual-verbal y secuencial-global. El instrumento fue desarrollado por Felder y Soloman [4] de la Universidad Estatal de Carolina del Norte. Utilizando la herramienta Formularios de Google, se recabó información de 52 alumnos de primer año de Ingeniería durante el año 2017. Luego de filtrados los datos, se descartan alumnos recurrentes para la correlación con la variable permanencia. El cuestionario se aplicó además a las cohortes ingresantes 2018 y 2019 para poder comprobar si los estilos de aprendizaje en primer año varían de un año a otro. Luego de analizar los resultados obtenidos, vemos que las diferencias, para cada dimensión, entre cohortes son poco apreciables [5].

Los resultados obtenidos para los EEAA fueron: en cuanto a la dimensión activo-reflexivo, se observó que el 75 % de los estudiantes procesa la información mediante tareas activas y el resto a través de la reflexión o introspección. Con respecto a la dimensión sensorial-intuitiva, el 80 % de los estudiantes es sensitivo. Esto refleja que prefieren información externa, sensitiva a la vista, al oído o a las sensaciones físicas. El 20 % se clasificó como intuitivo, percibiendo la información interna o intuitiva a través de memorias, ideas, lecturas, etc. En materia de la información externa, el 80% de los estudiantes se calificaron como visuales. Prefieren recibir la información dada en forma de cuadros, diagramas, gráficos, demostraciones, etc. El resto prefiere formatos verbales mediante sonidos, expresión oral y escrita, fórmulas, símbolos, etc. Sobre la dimensión secuencial-global, el 71% desarrolla un procedimiento secuencial que necesita una progresión lógica de pasos incrementales pequeños y el resto realiza un entendimiento global que requiere de una visión integral. Cabe destacar que se nota en algunos casos una tendencia a equilibrar ambos polos de una o más dimensiones. Según Felder, este balance resulta positivo, ya que de esta manera el estudiante está abierto a recibir estímulos de uno u otro polo de la dimensión equilibrada. Los resultados obtenidos son muy similares a los recabados por Felder en sus propias investigaciones, aplicando el índice a más de 2000 individuos estudiantes de Ingeniería. [6]

2.2. Categorías de Permanencia

La Tabla 1 muestra las 4 categorías en que se clasifican los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial en cuanto a su permanencia. “La hipótesis es que la posibilidad de que un estudiante culmine la carrera en el tiempo estipulado disminuye a medida que bajamos en las categorías mencionadas, y el desgranamiento y la posibilidad de abandono aumenta en el mismo sentido.”[7]

Tabla 1: Categorías de permanencia

Progreso Académico Óptimo (PAO)
Progreso Académico Moderado (PAM)
Progreso Académico Regular (PAR)
Progreso Académico Insuficiente (PAI)

Se plantearon dos modelos diferentes para realizar la clasificación, siendo ambos modelos aplicables, se utiliza en el análisis de la relación entre las variables el más sencillo. Describimos someramente el modelo.

“En el primer modelo considerado, se clasifican las asignaturas de primer año, otorgándoles a algunas un peso mayor que a otras. ... (Las asignaturas) fueron divididas ... en: básicas, contando dentro de estas las ciencias básicas (Análisis Matemático 1, Álgebra y Geometría Analítica, Física 1, Química), otorgándoles un mayor grado dificultad, e integradoras, el resto, aquellas que tienen mayor probabilidad de ser regularizadas o aprobadas en forma directa, de acuerdo con nuestras observaciones, apoyadas por otras referencias. Teniendo en cuenta esto” [7] surge la clasificación que se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2 Definición categorías de permanencia. Modelo 1

Categoría	Definición
PAO	4 materias básicas aprobadas
PAM	Al menos 2 materias básicas aprobadas
PAR	Regularizadas o aprobadas más de 2 materias integradoras o una básica
PAI	Ninguna materia básica y menos de 2 integradoras aprobadas o regularizadas

2.3. Resultados

A partir de estas dos variables Estilos de Aprendizaje y Permanencia, medida mediante el Progreso Académico, se realizó un análisis mediante tablas de contingencia bidimensionales, contrastando la hipótesis nula (que presupone la independencia entre ellas), mediante el estadístico χ^2 de Pearson, utilizando para el análisis estadístico el programa SPSS [8]. El hecho de que dos variables sean independiente significa que los valores de una de ellas no están influidos por la modalidad o nivel que adopte la otra. Los valores obtenidos de Chi-cuadrado de Pearson (χ^2) son concluyentes respecto a la independencia entre ambas variables: no hay una relación entre el EA del estudiante de Ing. Ind. y su permanencia en la Universidad.

Tabla 3 Tablas de contingencia

		Permanencia				Total
		PAO	PAM	PAR	PAI	
Estilo	Si	1	9	6	4	20
	No	3	5	3	2	13
	Moderado	2	7	5	5	19
Total		6	21	14	11	52

Tabla 4 Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3,035 ^a	6	0,804
Razón de verosimilitud	2,900	6	0,821
Asociación lineal por lineal	,009	1	0,923
N de casos válidos	52		

El estadístico de contraste χ^2 de Pearson (observado) es 3.035, el cual tiene asociada una probabilidad de 0.804. Cuando realizamos la prueba estadística utilizando SPSS (o cualquier otro software de cálculo estadístico) la respuesta se expresa en términos de probabilidad; nos indica cuál es la probabilidad de obtener un valor mayor o igual que el chi-cuadrado observado: $\Pr(\chi^2 \geq 3,08) = 0,804$, es decir, cuál es la probabilidad de que se dé la hipótesis nula. Como esta probabilidad es elevada y mayor a 0,05, que es el límite para aceptar la hipótesis nula, se decide aceptar la misma, concluyendo que no existe una relación de dependencia entre el Estilo de Aprendizaje de los estudiantes del primer nivel de la carrera de Ingeniería Industrial y su progreso académico.

Es importante destacar que la hipótesis de Felder es que los profesores que adaptan su estilo de enseñanza para incluir los dos polos de cada dimensión de su modelo se aproximan a crear un ambiente de aprendizaje óptimo para la mayoría de sus alumnos [3]. Los datos respecto al EA de los estudiantes, muestra que un elevado porcentaje presentan un equilibrio en las cuatro dimensiones. Sin embargo, si analizamos si existe relación entre este equilibrio y el progreso académico, los datos demuestran que estas dos variables son independientes.

3. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos, nos permiten conocer los EA de los alumnos de Ingeniería Industrial de nuestra regional, siendo una herramienta útil para mejorar las prácticas pedagógicas. Los resultados de este estudio indican que quienes están cursando primer año probablemente tengan preferencia de estilo de aprendizaje visual, a través de la actividad, y preferencia por el aprendizaje secuencial. Los esfuerzos para abordar estas preferencias presentan la mejor oportunidad para incorporar un cambio en la forma de enseñanza efectivo, ya que el conocimiento de los EEAA de los estudiantes abre la puerta para adaptar los métodos de enseñanza a las preferencias de los estudiantes y podrían ensayarse métodos apropiados para mejorar la permanencia, con la incorporación de acciones, por parte de los docentes que permitan la formación integral del estudiante.

Otra cuestión interesante para abordar es cuál debería ser el estilo de aprendizaje conveniente para los graduados de ingeniería. Por ejemplo, en la dimensión secuencial/global, vemos que los estudiantes prefieren el estilo secuencial, es decir se centran en el orden y la cronología y prefieren soluciones algorítmicas o universales. La presentación no lineal de conceptos o problemas de final abierto son un desafío para los estudiantes secuenciales. Llevado a la práctica, esto es un poco preocupante en un ingeniero, ya que a menudo se enfrentarán con problemas que podrían resolverse de varias maneras. Es decir que, para satisfacer las necesidades del mercado laboral, los estudiantes de Ingeniería deberían sentirse más cómodos con el pensamiento global. Una propuesta podría ser, potenciar las herramientas para el aprendizaje secuencial en los primeros años, de manera que los estudiantes se sientan más cómodos, e ir incorporando estrategias globales a medida que avanzan en la carrera para desarrollar el aprendizaje global.

Por otro lado, tenemos un panorama un poco más claro acerca de la permanencia de los estudiantes en la facultad regional. El modelo planteado nos permitirá al final del primer ciclo, conocer en qué estado de progreso se encuentra cada alumno y buscar las herramientas necesarias para tratar de retener a quienes estén en peligro, o que tengan un progreso regular, para minimizar el desgranamiento primero y en última instancia, la deserción.

4. REFERENCIAS.

- [1] Brito-Orta, D. (2015). "Evaluación de la fiabilidad del cuestionario sobre estilos de aprendizaje de Felder y Soloman en estudiantes de medicina". *Investigación en Educación Médica, volumen (4), páginas 28-35*. doi: 10.1016/S2007-5057(15)72166-6
- [2] Felder, Richard & JE, Spurlin. (2005). "Applications, reliability and validity of the Index of Learning Styles". *International Journal of Engineering Education. 21. 103-112*.
- [3] Felder, Richard. (1988). "Learning and Teaching Styles in Engineering Education". *Journal of Engineering Education. 78. 674-681*. Washington
- [4] Soloman, Barbara & Felder, Richard. (1999). "Index of Learning Styles Questionnaire". Disponible en línea: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>
- [5] Buttini, S., García, H., Armijo, D., Tonidandel, C., Cordero, V., Juri, R., . . . Vizcaíno, V. (2019). "Análisis estadístico de los resultados del Test de Felder en las cohortes 2017 a 2019 en primer año de la FRSR". *Libro de Actas X EnIDI, (pág. 239)*. Mendoza.
- [6] Buttini, S., García, H., Armijo, D., Tonidandel, C., Cordero, V., Juri, R., . . . Vizcaíno, V. (2017) "Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes de Primer Año de Ingeniería de la FRSR de la UTN". *Libro de Actas IX EnIDI, (pág. 186)*. Mendoza.
- [7] Armijo, D.; Vizcaíno, V.; González, L.; Santos, J.; Buttini S.; Tonidandel, C.; Juri, R.; García, H.; Cordero, M. y otros (2018). "Caracterización de la permanencia en la FRSR de los estudiantes del ciclo básico". *Proceedings VII Foro Tecnológico (sin publicar)*. San Rafael, Argentina
- [8] Aguilera del Pino, A. (2001). *Tablas de contingencia bidimensionales*. Madrid. 1° ed. La Muralla S. A.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Ing. Sandra Buttini, por su ayuda para la realización de las tablas de contingencia y a la Esp. Ing. Verónica Vizcaíno, por su colaboración con el manejo de datos estadísticos.

Estrategias áulicas para mejorar el rendimiento académico en la asignatura Análisis Matemático II del segundo nivel de la carrera de Ingeniería Industrial de la UTN-FRSR

Atencio, Lorena V*.; Zapata Oscar R.; Rubio Tolín Johana; Gonzalez Alejandro J.; Armijo Daniela A.

Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional.
5600. lorenatencio@yahoo.com.ar; oscarraulzapata@yahoo.com.ar;
johana.rubiotolin@hotmail.com; ajgonzalezcalvo@gmail.com; danielaa.armijo@gmail.com

RESUMEN.

El presente trabajo, comunica los resultados de la investigación-acción, que en 2019 realizó la Cátedra Análisis Matemático II, con 118 alumnos del segundo nivel de la carrera de ingeniería industrial, con los objetivos de revertir la tendencia negativa que evidenciaba el porcentaje de aprobación directa y regularidad de los alumnos inscriptos en la asignatura al finalizar el ciclo lectivo, reflejado en su condición final de "Libre"; y verificar el impacto de las estrategias áulicas diseñadas para tal fin. Su alcance fue exploratorio y diseño experimental. Para extraer hipótesis e identificar variables, se realizó un diagnóstico con datos de la cohorte 2018 y en base a ello, para 2019, se propusieron acciones e intervenciones tales como: identificar la situación de los estudiantes en las materias correlativas; apertura de nuevos cursos para disminuir la relación alumno/docente; brindar más horas de consulta; registro de la asistencia a clases regulares y de consultas; revisión de trabajos prácticos; monitoreo, seguimiento y dos etapas de control: a mitad del ciclo, y al final del mismo. Como herramientas de recolección de datos se utilizaron encuestas dirigidas, evaluaciones diagnóstica inicial, de proceso y sumativas (escritas y orales), planillas de seguimiento para cada estudiante y observación participante. Los datos al final de ciclo mostraron que el diagnóstico e hipótesis iniciales, y las intervenciones realizadas ayudaron levemente a revertir la tendencia respecto de 2018. No obstante no fueron suficientes. Se verificó que la situación de los estudiantes respecto de las materias del primer nivel y su nivel de aprendizaje, impacta significativamente en su desempeño; lo que indica que la solución al problema requiere un abordaje sistémico, integral y entre ambos niveles de la carrera.

Palabras Claves: Aprobación - Regularidad -Intervenciones Áulicas- Evaluación Continua

ABSTRACT

The present work communicates the results of the action research conducted in 2019 by the Mathematical Analysis II chair. The study involved 118 industrial engineering students in their second level, with the aims of reversing the negative trend that showed the percentage of direct approval and regularity of students enrolled in the subject, reflected in their final condition of "free student"; and verify the impact of classroom strategies designed for this purpose. Its scope was exploratory and experimental design. In order to extract hypothesis and identify variables, a diagnosis was made and based on this result, some actions and interventions were proposed for the year 2019 such as: identifying the students situation in correlative subjects, opening new courses to reduce the student-teacher ratio; provide more office hours; attendance sheet for normal classes and for office hours; revision of assignment supervision; follow-up and two control stages, one in the middle of the academic year and the other at the end of it. Targeted surveys, initial diagnostic, process and summative evaluations (written and oral) follow-up sheets for each students and participant observation were used as data collection tools. The data at the end of the academic year showed that the initial diagnosis and hypotheses, and the interventions carried out slightly helped to reverse the trend compared with the year 2018. However, they were not enough. It was verified that the students situation regarding the subjects in the first level and their level of learning, significantly impacts their performance; which indicates that the solution to the problem requires a systemic and comprehensive approach between both levels of the career.

Keywords: Passing grades – Student's academic condition – classroom intervention – continuous assessment.

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas que atraviesa del sistema educativo argentino en cuanto al rendimiento académico de los alumnos es generalizado, y de ello no escapa la Universidad; como último eslabón de la cadena de educación formal y sobre todo de nivel superior.

La problemática de la ralentización, las bajas tasas de egresos y a deserción universitaria es una realidad en las universidades argentinas y como problemática social y cultural del país, debe abordarse en conjunto y estudiarse desde la realidad interior de cada institución.

El Departamento de Materias Básicas de la UTN-FRSR realizó un relevamiento del rendimiento académico de las asignaturas de los primeros años de la carrera, reflejado en el porcentaje de Aprobación Directa+Regularidad (Ad+Reg) y de alumnos en condición Libre.

Se verificó que, principalmente las asignaturas Física I (en comisiones 1 y 2), Análisis Matemático II (en general para las tres especialidades: Civil, Electromecánica e Industrial), y en menor medida Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático I (de la Comisión 2), presentaban los mayores niveles de alumnos en condición de Libres+Abandono, como se muestra en la Figura 1.

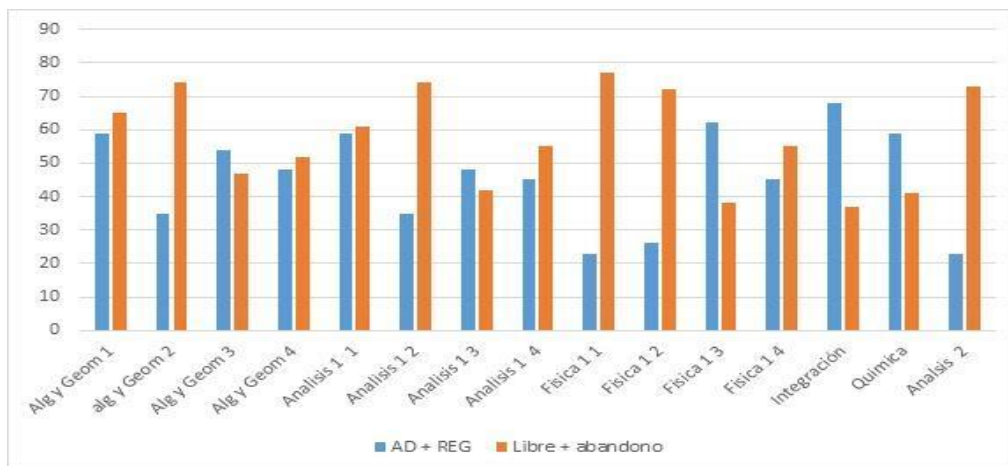


Figura 1. Resultados del ciclo lectivo 2018 en algunas asignaturas de Ciencias Básicas

En función de estos números, el Consejo Directivo de la Facultad solicitó a la Cátedra de Análisis Matemático II (AMII) elaborar un diagnóstico situacional y proponer acciones concretas tendientes a mejorar los indicadores de la asignatura.

La Cátedra lleva una planilla de registro detallada del estado de situación de cada alumno. De ella se extrajo el número de alumnos libres cohorte 2018 para las tres especialidades, discriminado de acuerdo a los distintos casos que aportaban a la condición de "Libre":

Particularmente, en la Comisión de Ingeniería Industrial, los resultados se muestran en la Tabla 1

Tabla 1 Condición Final AMII 2018 - Alumnos de Ingeniería Industrial

AÑO 2018	ALUMNOS		% Alumnos	% TOTAL	Total de Alumnos
CONDICIÓN FINAL	Inscritos en 2018	90			
	Aprobación Directa (A)		9%	25%	8
	Regularidad (B)		16%		14
	Libre (cursó, rindió mal evaluaciones) (C)		35%	75%	68
	Cursado intermitente + no rindió ninguna evaluac.(D)		30%		
No Inició cursado + Abandonó primer mes (E)		10%			

El 25% de los alumnos inscriptos regularizó o aprobó en forma directa y el 75% quedó en condición de libre. De éste último, el 30% (D) lo constituían alumnos que quedaron en la condición de Libre por cursar en forma intermitente, o no rendir ninguna evaluación y el 35% (C) alumnos que, si bien cursaron, no aprobaron ninguna evaluación. El 10% (E) quedó en condición de libre por no iniciar cursado. En consecuencia, cursaron en forma regular el 60% de los alumnos inscriptos (A+B+C), de los cuales el 41% aprobó o regularizó la materia.

2. ESTRATEGIA Y METODOLOGÍA

Se realizó una correlación entre los datos académicos asentados por la Cátedra en su Planilla de Seguimiento (escuela secundaria de la cual proviene; situación académica respecto de las asignaturas del primer nivel: correlativas y de Física I -aunque no es correlativa, es relevante por las aplicaciones del Cálculo trabajadas en AMII-; asistencia a clases; resultados de las evaluaciones de

proceso formativas⁶ y sumativas⁷; y errores o deficiencias conceptuales que cada alumno pudiera evidenciar en ellas), y los que surgieron del seguimiento individual realizado por los docentes a cada alumno durante las clases presenciales y de consulta. En base a ello, se elaboró un diagnóstico destacando las debilidades más sobresalientes, pero no taxativas ni excluyentes que se consideró pudieran haber incidido en el bajo rendimiento académico de los estudiantes en 2018. Las mismas se dividieron en: a) Generales, porque tal vez, pueden manifestarse en otras asignaturas de la carrera, y tienen que ver con lo actitudinal y procedimental (dentro de las cuales se incluyeron el cumplimiento de la asistencia a clases regulares y de consulta, y la elaboración de material de estudio propio); y b) Específicas, propias de la disciplina o área de conocimiento.

Tomando estas premisas como punto de partida, y en el marco de un proyecto de investigación-acción, de alcance exploratorio y diseño experimental, se pensaron nuevas estrategias áulicas y herramientas a medida, tendientes a mejorar el proceso enseñanza- aprendizaje; implementando una evaluación continua de los estudiantes, con carácter actualizado y predictivo, que ayudara a realizar ajustes a corto plazo, y a mejorar los resultados a mediano y largo plazo. Se establecieron como objetivos, revertir la tendencia negativa que evidenciaba el porcentaje de aprobación y regularidad (Ad+Reg) de los alumnos inscriptos en la asignatura AMII al finalizar el ciclo lectivo, reflejado en su condición final de “Libre”; y verificar el impacto de las estrategias áulicas y evaluación continua diseñadas para tal fin.

Como expresa Camilloni: la evaluación se centra en prever cuáles son los impactos duraderos y los efectos más inmediatos sobre los alumnos, respecto de las acciones que el mismo desarrolla. Debido a las previsiones, el docente debe tener información de distinto tipo. La misma puede ser obtenida por medio de la observación o de las respuestas de los alumnos puestos en situaciones creadas especialmente por los docentes a esos efectos. [1]

Para ello, en la planificación 2019, se realizaron las siguientes actividades: modificaciones en el proceso de enseñanza- aprendizaje; seguimiento y monitoreo de su evolución; relevamiento de datos para validar o redefinir el diagnóstico inicial y acciones propuestas; y mediciones durante el ciclo lectivo para ratificar o rectificar las mismas.

En función de la disponibilidad de recursos materiales y humanos, se realizó una reasignación de los mismos, y se estableció un cronograma de actividades con tiempos y secuencias de trabajo, de cursado efectivo y de horas de consulta. Como herramientas de recolección de datos, se propusieron a) encuesta dirigida a los estudiantes y b) evaluaciones continuas, de diagnóstico inicial y de proceso (ambas opcionales); sumativas (parciales y global) e integradora (coloquio final); y c) estrategias para el seguimiento y monitoreo de actividades, tales como obligatoriedad en la presentación de carpetas de Trabajos Prácticos en tiempo y forma; y registro de la Asistencia a clases ordinarias y de consulta. Todos esos datos serían asentados en la Planilla de Seguimiento. La encuesta a los estudiantes fue realizada cerca de la finalización del primer cuatrimestre y se les consultó sobre: su situación académica respecto de aprobación o regularidad de las asignaturas correlativas y de Física I; año de aprobación y/o regularización de esas materias; si cursaba o no por primera vez; y valoración respecto de: su asistencia a clases regulares y de consulta; estudio y apoyo con libros; cumplimiento en la realización y presentación de las actividades propuestas; elaboración de apuntes de teoría; actitud y apoyo del equipo docente; y material de estudio ofrecido por la Cátedra.

A quienes manifestaban ser recursantes se les consultó además sobre las posibles causas que consideraban podrían haber incidido en su bajo rendimiento académico logrado en AMII en el año anterior. En tal sentido se indagó sobre su percepción respecto de: su Nivel de conocimiento de las correlativas del primer nivel para abordar la asignatura (necesario, intermedio, insuficiente); su Cumplimiento en la asistencia a clases regulares y de consulta (regular, malo, ninguno: cumplió); Estudio y dedicación a la materia (necesario, poco, muy poco, nada); Explicaciones y dedicación del profesor (sólo las básicas, insuficientes, poca solvencia, no influyó, otra); Predisposición del equipo docente para enseñar y ayudar (regular, mala, no influyó).

2.1. Organización de Comisiones y asignación de recursos humanos

La Comisión de estudiantes de Ingeniería Industrial quedó conformada como muestra la Tabla 2

⁶ Evaluación de carácter sistemático y no casual, que no le correspondería calificación para el alumno, dado que sería propia solamente de las evaluaciones sumativas. [2] John Carroll afirma que esta forma de evaluación sirve para seguir el progreso del alumno durante la enseñanza y proporcionar un feedback al mismo. (Cit. en Camilloni,2011)

⁷ Realizada después de un período de aprendizaje, en la finalización de cada bloque temático, con el propósito de medir el aprendizaje de los alumnos, certificar e informar respecto el nivel de logros alcanzado a los mismos.

Tabla 2 Asignación de Recursos Humanos

COMISIONES	NÚMERO DE ALUMNOS INSCRIPTOS	DOCENTES FRENTE A CURSO
C1: INDUSTRIAL	118	1 PT. + 2 JTP

2.2. Carga horaria de cursado y encuentros de consulta

El currículum [3] le asigna 160 hs. cátedras (equivalentes a 120 hs reloj), es decir, 5 hs. semanales, durante 32 semanas. No obstante, la implementación de una metodología activa del educando en el proceso de enseñanza, aprendizaje y desarrollo, con evaluación continua y sistema de aprobación directa, hace que en la FRSR la actividad académica se extienda a 34 semanas.

CURSADO: La asignatura tiene modalidad de dictado anual. Las clases teórico-prácticas están planteadas en dos (2) encuentros semanales, uno de 2 hs.15min., y otro de 1 h. 30 min.

CONSULTAS: para acompañar al estudiante en su desarrollo, se brindaron 8hs. Reloj adicionales por semana de clases de consulta, distribuidas en dos días fijos y en horarios de mañana y de tarde. Con base en el Reglamento de Estudios [4], se estableció dentro de las condiciones exigidas para alcanzar la regularidad o la aprobación directa, el cumplimiento como mínimo del 75% de asistencia obligatoria a los encuentros de actividades teórico-prácticas (días de cursado).

Dada la modalidad de dictado anual de la asignatura, establecer una asistencia mínima del 75%, limita el número de faltas a un máximo de 15 días al año (exceptuando causas de fuerza mayor, personales o laborales), que equivale prácticamente a dos meses de cursado, es decir, a medio cuatrimestre.

2.3. Metodología de Trabajo

Se combinó la presencialidad con la comunicación a través del correo electrónico y del Campus Virtual, donde se encontraban disponibles los talleres de trabajos prácticos, comunicaciones, foros, resultados de evaluaciones, modelos de autoevaluaciones, aportes de teoría y links útiles.

Los Talleres de Actividades contenían aportes concisos de teoría, tareas de investigación, ejercicios propuestos y resueltos y aplicaciones específicas, de forma tal de obligar al estudiante a utilizar la bibliografía recomendada para complementar la teoría dada por el profesor y el uso del software Mathematica como herramienta de apoyo para la resolución de problemas y modelación.

Se adoptaron estrategias de enseñanza antes (preinstruccionales), durante (coinstruccionales) y después (posinstruccionales) de cada contenido específico [4]. Cada encuentro se plantó teórico-práctico, en los cuales se desarrollaban actividades tendientes a privilegiar el aprendizaje desde un enfoque problematizador y de relacionamiento de conceptos, para que ese aprendizaje sea integrador y significativo.

Para motivar esa construcción de conocimiento, al inicio de un nuevo tema, se realizaba una introducción retomando conceptos previos, y relacionándolos con alguna aplicación específica o ejemplo que permitiera comprender la necesidad y utilidad del mismo.

Como actividades presenciales esenciales se plantearon: la conceptualización, el trabajo personal y grupal tanto en forma de taller como en seminario, el trabajo paralelo en PC, y evaluaciones continuas, de proceso y sumativas. En tanto que como actividades no presenciales se propusieron ejercicios de práctica e informes, preguntas de repaso, propuestas de investigación, y autoevaluaciones.

2.4. Metodología de Evaluación

Con el fin de articular el proceso de enseñanza-aprendizaje con el sistema de evaluación, en los encuentros presenciales, además del seguimiento y monitoreo del trabajo de los estudiantes, se incluyeron evaluaciones continuas de proceso y de producto, por temas (de avance no obligatorias) y por bloques temáticos (parciales e instancia globalizadora) y una evaluación integradora final para quienes hubieran alcanzado las condiciones establecidas para acceder a la aprobación directa.

En la planificación de la asignatura se detalló la metodología de evaluación y condiciones a cumplir para la obtención de la regularidad y aprobación directa; siendo comunes para ambas tener una asistencia mínima al 75% de los encuentros presenciales, haber alcanzado la aprobación de las evaluaciones de producto (parciales o global) con al menos nota de 6 (seis), equivalente a un 60%, y haber cumplido en la presentación actividades prácticas propuestas (presenciales y no presenciales) en tiempo y forma.

3. RESULTADOS

El programa de la Asignatura refiere al estudio de dos Bloques Temáticos bien definidos: Cálculo Diferencial e Integral de Funciones de más de una Variable (Campos Escalares, Funciones Vectoriales y Campos Vectoriales), y otro Bloque de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden y Segundo Orden; ambos con aplicaciones a la Ingeniería y a distintas disciplinas. Por lo tanto, para su abordaje es necesario contar con firmes conocimientos previos de:

Geometría Analítica, en el Plano y en el Espacio (en particular, estudio de curvas y superficies, con su respectiva representación gráfica) indispensable para la representación de las funciones escalares y fundamentalmente de dos variables, en tres dimensiones; *Análisis Matemático I*, y las operaciones básicas del Cálculo Diferencial e Integral; *Física I*, dado que las aplicaciones, modelos matemáticos y simulaciones que se tratan en AMII refieren a fenómenos físicos, naturales o inducidos (no obstante se destaca que en el plan de estudios Física I no es correlativa de AMII); y *Sistemas de Representación*, dado que las representaciones gráficas de los modelos matemáticos estudiados, sobre todo en el primer bloque temático, requieren haber desarrollado destreza en dibujo espacial y sobre todo en perspectiva. Al igual que Física 1, esta última no es correlativa de AMII.

3.1. Condición de los estudiantes inscriptos respecto de las Asignaturas del Primer Nivel

El relevamiento mostró que un significativo número de alumnos no tenía aprobadas las asignaturas correlativas del primer nivel, representando una dificultad extra al momento de aprender AMII por los conceptos necesarios anteriormente señalados. Los resultados se muestran en la Figura 2.

De los 118 alumnos Inscriptos, 64 eran recursantes y el 8% (5) de ellos estaban en condición de "Libre" en Física I. El resto de los alumnos "Libres" (12) correspondía a estudiantes que cursaban por primera vez AMII. Por otro lado, de esos alumnos recursantes, el 34% (22) no tenía aprobada las asignatura Análisis Matemático I y el 36% (23), Álgebra y Geometría Analítica. En tanto que, de los alumnos cursantes por primera vez, el 35% (19) no había aprobado Análisis Matemático I y el 42% (23), Álgebra y Geometría Analítica. Es decir, al inicio del ciclo 2019, esos alumnos se encontraban en condición de "Regular" en las asignaturas mencionadas.

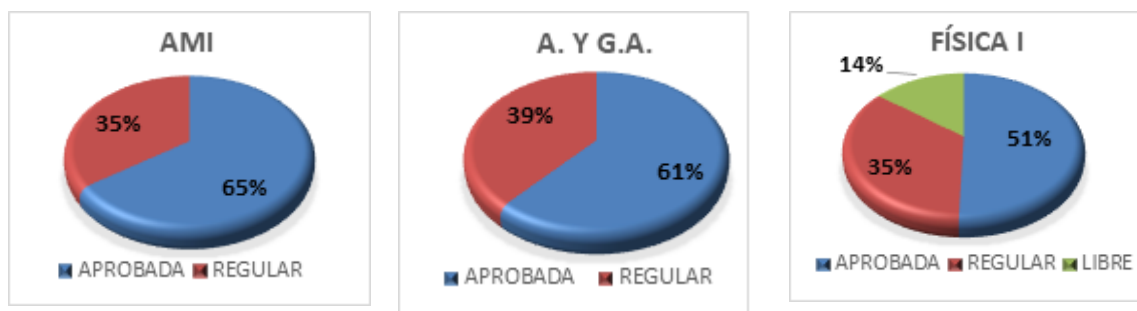


Figura 2. Situación Respecto de las asignaturas Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica; y Física 1

3.2. Resultados de Evaluaciones de Proceso y Parcial 1

La evaluación diagnóstica fue rendida sólo por 35 alumnos, de los cuales aprobaron sólo 4 (11%). En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones de proceso, denominadas por la Cátedra "Verificación de Avance", que se realizaron en abril y mayo.

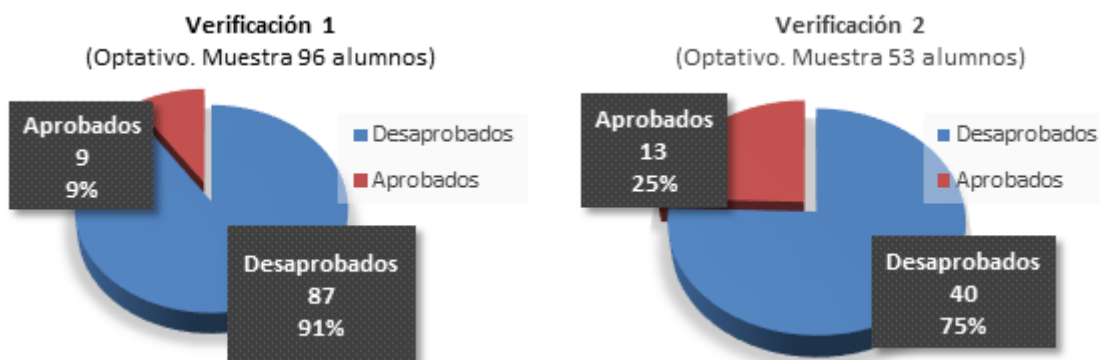


Figura 3. Resultados de Verificaciones de Avance 1 y 2

A fin del mes de junio, se realizó la primera evaluación parcial. Si bien el porcentaje de estudiantes que lo aprobaron fue superior al de las evaluaciones anteriores, e incluso al resultado final logrado en 2018, éste fue bajo. (Figura 4)

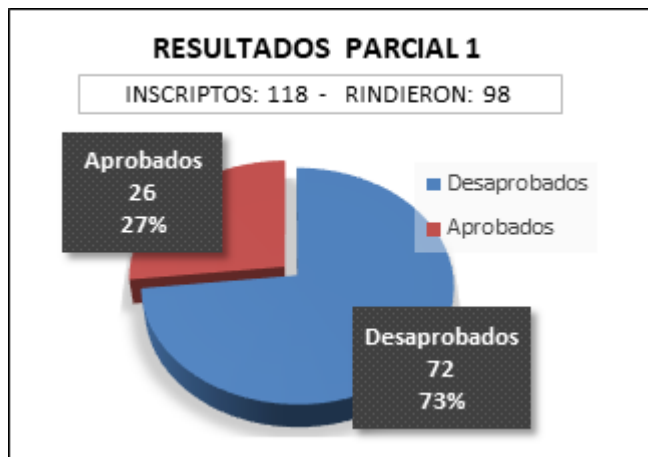
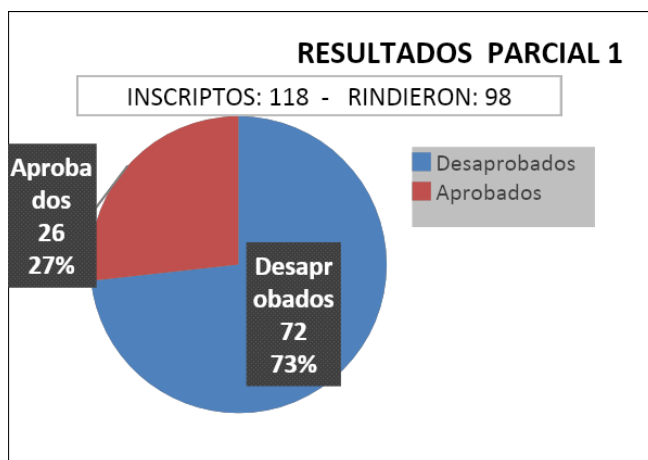


Figura 4. Resultados Parcial 1



El 43% de los estudiantes, no superó la nota de 4 (cuatro). El 20% se encontraba entre el 4 (cuatro) y el 5 (cinco), y sólo un 10% entre el 5 (cinco) y el 6 (seis). Estos últimos no superaron el 55% del total del puntaje. Cabe destacar que en esas evaluaciones se evidenciaron baches de conocimiento, importantes y necesarios, tanto de las operaciones básicas del cálculo, como de conceptos, previos y tratados en el año.

Se verificó además, que el 33% de los estudiantes que habían desaprobado el primer parcial, no cumplían con el 75% de la asistencia mínima (de 26 encuentros presenciales, habían faltado por lo menos a 6 de ellos). Tampoco habían asistido a las clases de consulta.

En cuanto a las entregas de TP, el 31% de los estudiantes realizó entregas incluidas en la categoría de Completas y Muy Completas, mientras que el 45% se encontraba en las categorías más bajas, Incompleto y No Entrega. El resto (24%) presentaba trabajos Semicompletos.

También se verificó que de las 8 hs. semanales de consulta que se brindaban dos veces por semana, el número de alumnos promedio que asistía no superaba los 7 (siete), siendo generalmente los mismos.

3.3. Resultados de la Encuesta a Estudiantes

La encuesta realizada en junio, fue respondida por 72 alumnos. Respecto del uso de libros para estudiar, el 44% manifestó que sí se apoyaba en los libros para profundizar su estudio, mientras que el 56% respondió que no los utilizaba para estudiar. El 90% de ellos (36) manifestó “estudié de internet y/o apuntes del profesor”.

Respecto del material de estudio aportado por la Cátedra, el 53% de los alumnos respondió que eran muy bueno y el 40% bueno, tal como se muestra en la Figura 5.

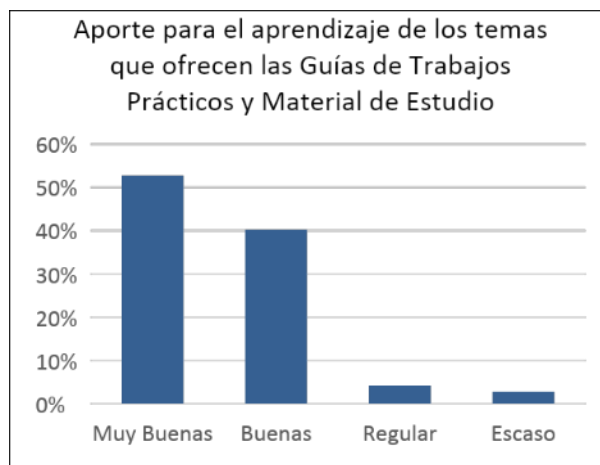


Figura 5. Aporte del Material de Estudio que ofrece la Cátedra.

También se les consultó sobre la labor docente en las clases regulares y de consulta, discriminando para auxiliares y profesor. La valoración de los alumnos se muestra en la Figura 6.

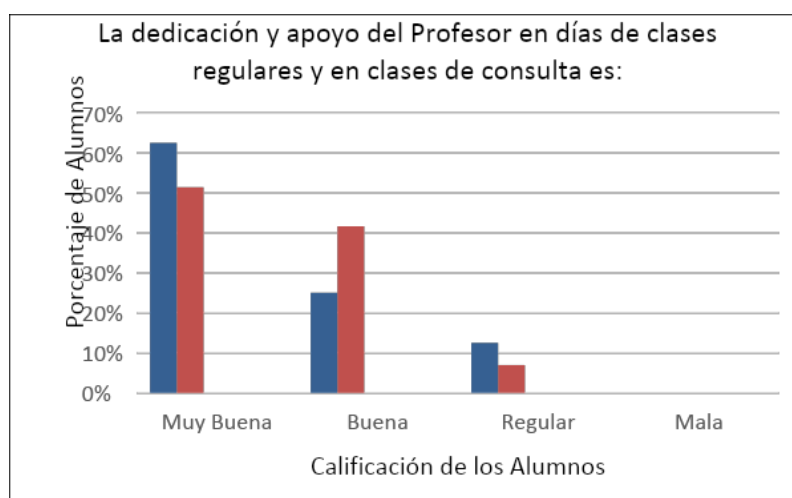


Figura 6. Dedicación y apoyo de los Docentes.

La Figura 7 muestra la opinión de los estudiantes respecto de las explicaciones teóricas del profesor en cuanto al tratamiento y relacionamiento de conceptos. El 93% (67 alumnos) las consideró como mínimo buenas y el 7% (5 alumnos) regulares. Ningún encuestado las calificó como insuficiente.



Figura N° 7. Valoración de las explicaciones del profesor.

3.4. Resultados Parcial 2 y Finales

En el mes de noviembre se tomó el segundo parcial. El porcentaje de aprobación fue mayor que en el anterior, no obstante el número de alumnos que se presentó a rendir fue menor (57 alumnos). Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 8.

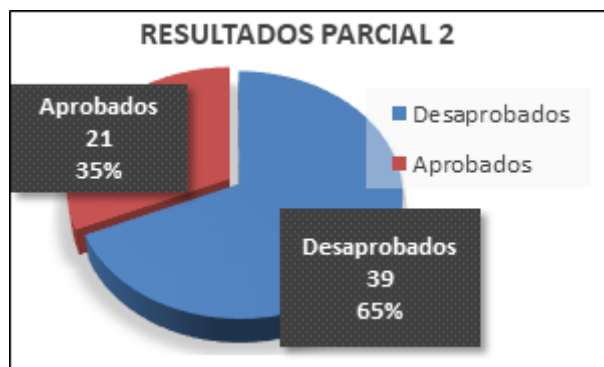


Figura 8. Resultados Parcial 2

Como dato, se agrega que el 65% de desaprobados estaba constituido por: un 39% que no superó la nota de 4 (cuatro), un 8% que alcanzó notas entre el 4 (cuatro) y el 5 (cinco), y un 18% con notas entre el 5 (cinco) y el 6 (seis).

En el mes de febrero se realizaron los exámenes recuperatorios y global. Los resultados finales del ciclo lectivo, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados Finales 2019

Año 2019	ALUMNOS		%	Cant. De Alumnos
CONDICIÓN FINAL	Total Alumnos inscriptos en 2019	118	TOTAL	
	Aprobación Directa		33%	11
	Regularidad			28
	Libre (no rendir o no aprobar) + Abandonó		67%	62
	No inició cursado + abandonó primer mes			17

La relación entre el porcentaje de asistencia que tuvieron los estudiantes que finalizaron el cursado y la condición final que alcanzaron se muestra en la Figura 9. Cabe destacar que, el 7% de alumnos que no cumplimentó la asistencia, pero quedó en condición de AD+Reg, estaba recursando la materia. De ellos, sólo uno aprobó en forma directa, y el resto quedó Regular. En tanto, el 35% de los estudiantes que regularizaron o aprobaron en forma directa, superaban ampliamente el 75% de asistencia. Por otro lado, el 32% de los estudiantes que quedaron en la condición de Libre, no alcanzó el mínimo de Asistencia establecido.

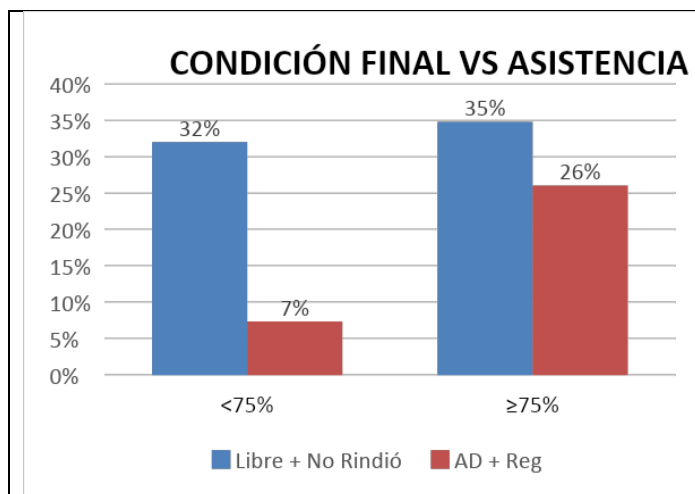


Figura 9. Relación entre la Condición final alcanzada y el porcentaje de Asistencia

La relación entre la condición final alcanzada y la entrega de Trabajos Prácticos se muestra en la Figura 10. Se observa que, el 90% de los estudiantes que obtuvieron buenos resultados (condición

de Ad+Reg), entregó sus Trabajos Prácticos por lo menos en forma Semicompleta. El otro 10% que alcanzó esa condición, pero entregó sus TP incompletos, lo conformaban alumnos recursantes. Por otro lado, de los alumnos en condición de Libres, el 60% no entregó o lo hizo en forma incompleta, el 26% en forma semicompleta y muy pocos, el 14%, en forma completa.

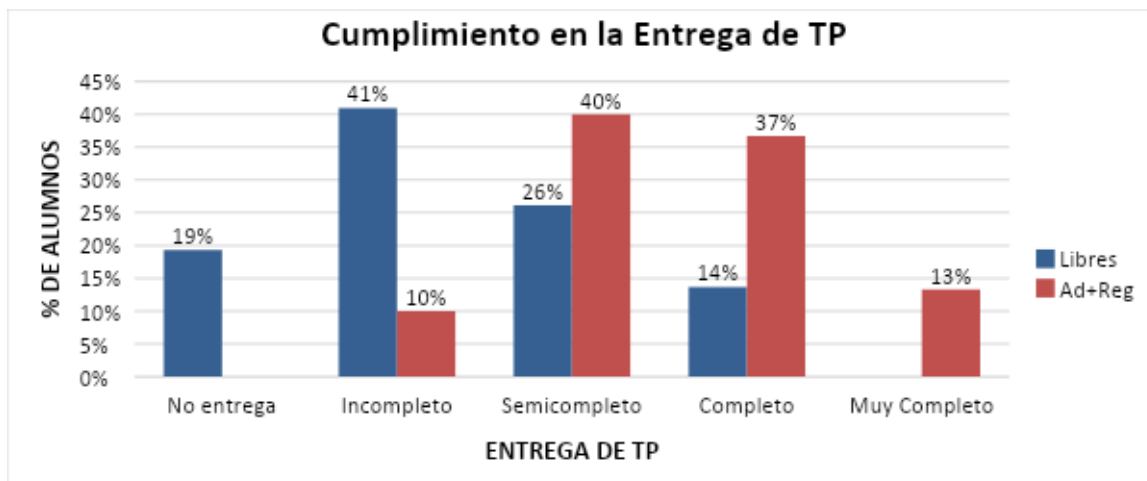


Figura 10. Relación entre la Condición final alcanzada y la entrega de Trabajos Prácticos

3.5. Resultados de la Evaluación Continua

La evaluación continua evidenció que la preparación para rendir las evaluaciones, mayormente, se basa en resolver problemas, ejercicios y preguntas de exámenes anteriores, más que en estudiar tomando como base lo conceptualizado en el aula y apoyarlo con una producción propia que surja de la realización de las actividades teóricas y prácticas que han sido pensadas y propuestas para que logren la integración y relacionamiento de los temas.

Se verificó además que en general los alumnos se concentran sólo en aprender el procedimiento, la mecánica, o incluso “la ecuación” para resolver “ejercicios tipo”, en vez de intentar comprender el fenómeno, sus hipótesis de partida, apoyarse en la teoría que lo fundamenta, plantear y trabajar el modelo matemático que lo gobierna a partir del cual se desprende “ese método o ecuación” que permite hallar la/s solución/es al problema en cuestión.

También se verificaron fallas generalizadas en el dominio de la terminología y de las definiciones matemáticas, y en el manejo y construcción de procedimientos y algoritmos matemáticos; lo que reduce las posibilidades de abordar aplicaciones y su proceso de modelación.

La reincidencia en los errores cometidos en las evaluaciones, demostró que los alumnos no logran reconocer y valorar esas evaluaciones como herramientas que les ayudan a medir el nivel de aprendizaje alcanzado, al mostrar qué conceptos deben mejorar o reforzar; aún cuando en ellas se señalan y corrigen los las deficiencias o errores para que sean tomados como referencia, aprendidos y evitados a futuro.

En el seguimiento diario, por mesones de trabajo, para verificar los aprendizajes y avances de los equipos y de cada estudiante en forma individual, se observó que las devoluciones que los docentes aportaban, generalmente no eran identificadas por el alumno como información para su autoevaluación, sino más bien, eran consideradas como un acompañamiento que el docente realizaba para ayudarlo a “enfrentar” el desafío propuesto y que es “natural” no comprender en el inicio. Durante el proceso de enseñanza aprendizaje, se verificó una notoria dependencia del profesor, lo que lleva replantearse hasta qué punto se debe realizar la retroalimentación y de qué forma. Según Kluger & DeNisi, 1996 y Shute, 2008 (Cit. en William Dylan, 2009) [6]:

Una intervención de retroalimentación puede mostrar efectos positivos aumentando la motivación hacia la tarea, pero entonces, el aprendizaje futuro requerirá retroalimentación continua. Aún, cuando el énfasis esté en los procesos de aprendizaje de tareas, las intervenciones de retroalimentación pueden promover aprendizajes superficiales, haciendo, en consecuencia, que las habilidades de nivel superior sean más difíciles de lograr.

4. CONCLUSIONES

A la luz de los datos obtenidos se puede concluir que efectivamente el cumplimiento de la asistencia a clases, pero sobre todo la elaboración de material de estudio propio, por parte de los estudiantes, influye notablemente en el buen rendimiento académico. No obstante, por más que ambas condiciones se establezcan como obligatorias para alcanzar la regularidad de la asignatura, un elevado número de alumnos las incumple, les resta importancia, y no logra visualizarlas como una herramienta valiosa que los guíe y ayude en su aprendizaje.

El bajo cumplimiento en la entrega de TP muestra que los estudiantes, consideran poco productivo invertir tiempo en armar material de estudio y apoyo, y en consultar libros para complementar con

investigación bibliográfica los temas que se están tratando. También se verificó que prefieren estudiar de internet o de los apuntes que toman de la explicación del profesor, que en definitiva, es un recorte considerable (y muchas veces con errores) del propio recorte que ya previamente ha hecho el docente para desarrollar el tema y abordar su explicación.

Se observa y preocupa el importante número de alumnos que presentan notas inferiores al 4 (cuatro) en las evaluaciones. Este resultado, denota que existe una brecha importante entre los aprendizajes de base alcanzados y los mínimos necesarios para abordar AMII, que se torna más difícil de achicar a medida que transcurre el año; sobre todo porque se combinan estos déficits (principalmente por no tener aprobadas las materias correlativas o estar “Libres” en Física I); con el incumplimiento de la asistencia a clases presenciales, desaprovechamiento de las horas de consulta disponibles e incumplimiento en la presentación de las actividades solicitadas.

La dependencia del profesor durante el proceso de enseñanza aprendizaje lleva replantearse hasta qué punto se debe realizar la retroalimentación y de qué forma. Da la pauta que se debe pasar de un feedback a nivel de tarea y de proceso, hacia un modelo que desarrolle en los estudiantes competencias para la autorregulación (de feedback y feedforward integrador y multidimensional), que les facilite controlar, dirigir y regular sus acciones hacia las metas de aprendizaje. Como expresan Nicol y Macfarlane-Dick (2005) [7], la autorregulación implica autonomía, autocontrol, autodirección y autodisciplina, es decir, despliegue de recursos propios, personales. Caso contrario, se manifiesta lo expresado por Kluger & DeNisi y Shute (op.Cit). Quienes no desarrollan estrategias de autorregulación muestran escasos rendimientos y por lo tanto se harán cada vez más dependientes de los factores externos de ayuda.

Por tanto, aunque el profesor tiene un peso importante en el transcurso de la mejora de las producciones de los alumnos, son estos últimos en definitiva, quienes deben interiorizar y aplicar la información que reciban de los primeros, para la mejora continua.

Con las acciones llevadas adelante por la Cátedra, los resultados finales obtenidos en 2019, mostraron una leve evolución en el porcentaje de regularidad y aprobación directa con respecto a los del ciclo lectivo 2018; que se visualizó particularmente en aquellos que siendo recursantes, aprobaron la asignatura. No obstante, los números muestran que estas acciones no impactaron lo esperado en el grueso de la población, y que las instancias de evaluación, corrección de carpetas de TP, horas de consulta ofrecidas, entre otros aspectos, que demandaron un enorme esfuerzo y dedicación por parte de los miembros de la Cátedra, parecen haber sido desaprovechadas; cobrando aún más relevancia esto, cuando se observa la baja relación docente/alumno con la que se cuenta.

No obstante ello, la Cátedra continúa buscando nuevas herramientas metodológicas para intentar mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, y alentar a los estudiantes en su trayecto señalando que, con esfuerzo y dedicación podrán ir superando las dificultades, con la ayuda de los docentes que brindarán el acompañamiento necesario y las posibilidades que correspondan para alcanzar los objetivos. Como la evaluación no es ni puede ser un apéndice del proceso enseñanza aprendizaje, sino que es parte de él, el cambio de los resultados de dicho proceso, de aquí en adelante, dependerá de la elaboración de un programa de evaluación de los aprendizajes que contemple una renovada evaluación formativa, centrada en la interacción profesor-alumno, a fin de otorgar el feedback y feedforward adecuado para desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para promover la autorregulación de sus propios aprendizajes.

Como reflexión final, a la luz de lo realizado y de los resultados obtenidos, también se destaca que la problemática debe ser analizada y abordada en forma contextualizada, considerando la articulación en todo el ciclo básico, y a partir de allí desarrollar propuestas de mejoras sistémicas e integrales; que ayuden a desarrollar y fortalecer las capacidades y competencias en los estudiantes, sobre todo en los saberes conceptuales y procedimentales, desde que ingresan a la Facultad.

5. REFERENCIAS

- [1] Camilloni Alicia y Otras. (1998). La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo. Buenos Aires: Paidós.
- [2] Camilloni Alicia (2004). Sobre la evaluación formativa de los aprendizajes, Revista Quehacer Educativo XIV, N°68, Montevideo p: 6-12
- [3] Universidad Tecnológica Nacional. (02 de 11 de 2006). Ordenanza 1114. Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial.
- [4] Universidad Tecnológica Nacional. (15 de 09 de 2016). Ordenanza 1549. Reglamento de Estudio para las Carreras de Grado en la UTN.
- [5] Díaz Barriga Arceo, Frida y Gerardo Hernández Rojas (1998). “Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos” en Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una Interpretación constructivista. México, McGrawHill pp. 69-112.
- [6] William Dylan (2009): La evaluación de los aprendizajes como objeto de estudio y campo de prácticas: Una síntesis integradora de la investigación e implicancias para una nueva teoría de

la evaluación formativa, Universidad Nacional de La Plata, Memoria Académica, Año3, N°3, p.15-44

- [7] Nicol, D. J., y Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los estudiantes que colaboraron respondiendo la Encuesta.

Una aproximación al fenómeno de desvinculación universitaria

Judis Enzo Gabriel, Laglaive Sabrina Marianela, Bondar Sandra Alina

*Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas- Universidad Nacional del Chaco Austral
Comandante Fernández 755, dcba@uncaus.edu.ar*

RESUMEN

Este trabajo es parte de un Proyecto de Investigación, que tiene como propósito estudiar el fenómeno de la desvinculación y la deserción universitaria en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional del Chaco Austral UNCAus. Considerando principalmente indicadores como ser: la situación del estudiante en cuanto a edad, género, nivel socioeconómico, situación laboral, actitud hacia el estudio, procedencia de la educación secundaria y nivel de educación de los padres y, del contexto educativo como ser: uso de herramientas de apoyo (aula virtual), régimen de cursada (anual – cuatrimestral), y existencia del cursillo de ingreso. Este estudio, que se encuentra en su etapa inicial, ofrecerá datos que contribuyan al diseño de un modelo explicativo que nos permita determinar la magnitud de la desvinculación en la UNCAus.

En Argentina, encontramos una estadística preocupante en cuanto a tasas de graduación, es decir, sólo se gradúan a tiempo 30 de cada 100 estudiantes que ingresan. La cifra incluso decae cuando se trata de universidades públicas. Allí, el 74% de los ingresantes no logra egresar en un plazo de seis años.

Dicho indicador es uno de los más bajos de la región y del mundo. En México, Brasil y Chile gradúan a más de la mitad de sus ingresantes. Los datos que surgen de un nuevo informe del Centro de Estudios de la Educación Argentina (CEA) de la Universidad de Belgrano, muestran que entre 2003 y 2016 la graduación en universidades privadas creció un 124,6% mientras que las estatales apenas se expandieron un 38,4%.

Se abordará este estudio de la desvinculación universitaria para indagar con profundidad esta problemática ya que sus resultados serán de mucha utilidad para planificar nuevas estrategias y decisiones para la educación superior universitaria y en vista que no se tiene antecedentes de investigación sobre el mismo en la universidad materia de estudio, mostrando los elementos más relevantes de esta cuestión.

Palabras Claves: Ingeniería industrial, deserción, deserción universitaria, estudiantes universitarios – educación superior

ABSTRACT

This work is part of a Research Project, which aims to study the phenomenon of disengagement and university dropouts in the Industrial Engineering career at UNCAus. Considering mainly indicators such as: the situation of the student in terms of age, gender, socioeconomic level, employment situation, attitude towards study, origin of secondary education and level of education of the parents and, of the educational context such as: use of support tools (virtual classroom), course regime (annual - quarterly), and existence of the entrance course. This study, which is in its initial stage, will offer data that contribute to the design of an explanatory model that allows us to determine the magnitude of disengagement at the National University of Chaco Austral.

In Argentina, we find a worrying statistic in terms of graduation rates, that is, only 30 out of every 100 incoming students graduate on time. The figure even drops when it comes to public universities. There, 74% of the new entrants fail to graduate within six years.

This indicator is one of the lowest in the region and in the world. In Mexico, Brazil and Chile more than half of their new entrants graduate. The data that emerge from a new report from the Center for Studies of Argentine Education (CEA) of the University of Belgrano, show that between 2003 and 2016 graduation in private universities grew by 124.6% while state universities barely expanded a 38.4%.

This study of university disengagement will be approached to investigate in depth this problem since its results will be very useful to plan new strategies and decisions for university higher education and in view of the fact that there is no research history on it in the subject university study, showing the most relevant elements of this question.

Keywords: Industrial engineering, dropout, college dropout, college students - higher education

1. INTRODUCCIÓN

Habitualmente, se considera la deserción como un fenómeno social que es consecuencia del accionar del sistema educativo. Sin embargo, existe una serie de factores sociales que puede favorecer o disminuir el problema. El mejoramiento o cambio en las acciones educativas, debería ir acompañado por acciones en el terreno político, económico y social como fenómeno histórico y cultural.

Debe diferenciarse deserción de términos como reprobación, la cual implica que el alumno no obtiene el puntaje obtenido por la institución para considerarlo aprobado y ha agotado toda instancia regularizadora. [1]

Himmel [2] define deserción como “el abandono prematuro de un programa de estudios antes de alcanzar el título o grado, y considera un tiempo suficientemente largo como para descartar la posibilidad de que el estudiante se reincorpore”.

La deserción en cuanto a Perassi [3] hace referencia a dejar inconcluso el camino planteado por el sistema educativo y es el punto culminante de la cadena del fracaso escolar ya que, es lo más frecuente que antes de desertar haya repetido año o materias, alargando su trayecto escolar y debilitando su autoestima.

Como perfil vocacional, es adecuado recordar la definición de Díaz, Morales y Amador [4] que refiere que está constituido por varios elementos, como son rasgos de personalidad, intereses vocacionales, aptitudes y habilidades; y se considera un elemento predictor preponderante del éxito escolar.

Vicent Tinto [5] comenta que: “Desde el punto de vista individual, desertar significa el fracaso para completar un determinado curso de acción o alcanzar una meta deseada, en pos de la cual el sujeto ingresó a una particular institución de educación superior, por consiguiente, la deserción no solo depende de las intenciones individuales, sino también de los procesos sociales e intelectuales a través de los cuales las personas elaboran metas deseadas en cierta universidad”.

Cuando se trata de deserción es importante definir desde qué ángulo se va a enfocar. Si se enfoca como algo que decide el alumno, entonces debe preguntarse si se hace de manera voluntaria o involuntaria, consciente o inconsciente; si se observa como una manifestación de fuerzas o fenómenos sociales y escolares, entonces ¿Cómo se va a analizar?

Según Vicent Tinto [5], para poder desarrollar una definición de deserción dependerá de cada individuo, y del conocimiento de los significados que el estudiante utiliza para su comportamiento, el cual puede ser distinto, desde el punto de vista del observador. El hecho de abandonar la escuela tiene ciertos significados, y diferentes a aquellos en los que está implicado el comportamiento. El abandono se puede dar como un fracaso, el no completar los estudios, o el no continuar el camino hacia el logro de su meta.

La definición de deserción puede cambiar, dependiendo de las metas o perspectivas que tenga el individuo, por lo mismo cuando las metas no son claras, el individuo tiende aun así a inscribirse en la universidad y por eso existen los cambios en la trayectoria académica.

2. CUERPO

2.1. Desafíos sociales en torno a la desvinculación universitaria.

Tomando los aportes de Chiroleu [6,7], es pertinente incluir el concepto de democratización el cual puede abordarse desde la perspectiva social, en sentido amplio, y en sentido restringido. La primera acepción da cuenta de la extensión de algún derecho o acceso a bienes a un gran número de personas, en este caso, la Educación Superior. En cuanto al sentido restringido se pone el acento en la reducción de las desigualdades sociales.

Fernández Lamarra [8] afirma: “*La Educación Superior, en particular la universitaria, debe contribuir al mejoramiento de la gobernabilidad democrática, a una mayor democratización de la sociedad, con estrategias para superar y disminuir las inequidades sociales, la pobreza y la marginalidad*”.

Altbach [9] en el informe para la Conferencia Mundial sobre Educación Superior organizada por UNESCO, afirma que “*proporcionar enseñanza superior a todos los sectores de la población de un país significa afrontar desigualdades sociales hondamente arraigadas en la historia, la cultura y la estructura económica que influyen en la capacidad de una persona para competir*”.

Las políticas de Educación Superior y las instituciones universitarias tenemos el compromiso de contribuir efectivamente al mejoramiento de la gobernabilidad democrática y, en general, a una mayor democratización de la sociedad, favoreciendo estrategias que tiendan a superar –o, por lo menos, a disminuir– las inequidades sociales y los procesos de crecimiento de las desigualdades en términos de pobreza y marginalidad así lo enuncia Fernández Lamarra. [10] (2010).

Continuando con la conceptualización de Chiroleu [6,7], el debate en torno al concepto de inclusión señalamos la fragmentación y la heterogeneidad social, en donde ciertos grupos han sido discriminados de manera explícita. Con respecto a la educación superior, se señala la necesidad de

incorporar a una diversidad racial, cultural y sexual. Lo cual supone el derecho a aprender, independientemente de sus características individuales.

El debate en torno a la expansión de oportunidades, es una temática de discusión en las dimensiones política como académica.

Desde la perspectiva teórica, la discusión se centra en la tensión que se originan ante las dificultades para vincular mérito y búsqueda de excelencia como un ideal democratizador. Renaut [11] alude al dilema que se establece en las instituciones ya que si se suprime el elitismo, se corre el riesgo de descuidar el ideal de excelencia, sin embargo si se omite el componente democrático, la excelencia queda restringida para unos pocos. De este modo, es menester que la Educación Superior, en nuestro caso particular, las universidades indaguen alternativas superadoras de esta tensión.

Continuando con dicho autor, se hace necesario afirmar que, si bien la igualdad de resultados configure un planteamiento utópico, establecer condiciones organizativas y académicas para que cada estudiante tenga posibilidades razonables de éxito constituye un gran progreso.

Destacando algunos conceptos centrales en torno a los que se nuclea nuestra investigación son: democratización (en sentido restringido) y el de inclusión nos marcan el camino sobre como operar en cuanto a la desigualdad social, tendiendo a una ampliación de las bases sociales de la institución. Para ello, es fundamental la calidad de las instituciones aquello que garantice los cambios y las transformaciones necesarias.

Al hablar de desigualdades en Educación Superior nos referimos, en primer orden al acceso a las instituciones de Educación Superior y en un segundo orden a la permanencia y al egreso de las carreras elegidas por los estudiantes, en este caso particular, Ingeniería Industrial. Además, se pueden citar las siguientes:

**Desigualdades económicas:* donde en el caso de Argentina para suplir las mismas se han implementado Programas de ayuda económica directa y becas.

**Desigualdades geográficas:* que abarcan a aquellas derivadas de la concentración urbana y regional de la oferta universitaria.

**Desigualdades relativas a la permanencia y al egreso:* aquí es pertinente analizar el correlato entre el nivel de graduación.

Por ello, Lamarra y Centeno [12] expresan la necesidad de crear las condiciones necesarias de manera innovadora para incluir en la Educación Superior a los sectores sociales pobres.

En Latinoamérica, la expansión de la cobertura y la generación de políticas de apoyo económico para los grupos más desfavorecidos, se encuentran asociados a la democratización universitaria. Un aspecto central en ello, es que las probabilidades de transitarlos con éxito es un tema poco contemplado por parte de la política pública.

Ezcurra [13] afirma que las franjas sociales que se incluyen en la Educación Superior, son luego las más afectadas por el abandono y a través del concepto de “inclusión excluyente” plantea que aunque se comprobó un proceso de ampliación de la matrícula, existen procesos que benefician fundamentalmente a los sectores medios, en detrimento de los más aventajados.

2.2. Algunas realidades.

A continuación presentaré estadísticamente como jóvenes y adultos de diversos sectores se encuentran hoy dentro de las universidades públicas. Se pretende en un trabajo posterior contrastar estos datos con específicos referidos a la realidad de la carrera de Ingeniería Industrial en la República Argentina. Y, a partir de ello, planteamos el interrogante ¿Cómo construimos inclusión y democratización en Argentina? ¿Logramos disminuir las desigualdades sociales? ¿Cómo afecta al fenómeno de desvinculación?

Primeramente quisiéramos plantear la evolución de la universidad en Latinoamérica. En cuanto a cantidad de instituciones universitarias en América Latina, en el año 1950 se contaba con 75, en 1975 con 330; en 1985 con 450, en 1995 con 812 (319 públicas, 493 privadas) y actualmente con más de 2.000.

Específicamente, en Argentina en las últimas dos décadas se crearon 20 de las 47 universidades nacionales y 26 de las 46 universidades privadas. Resulta especialmente notable la creación de 14 instituciones de este tipo en el conurbano de la ciudad de Buenos Aires, región en la que residen alrededor de 12 millones de habitantes. Esto mejora las posibilidades de que personas pertenecientes a sectores socioeconómicos vulnerables –de importante concentración en la zona – accedan al nivel superior [6,7].

Luego de las profundas crisis económicas que nos afectaron después del 2000, se desarrollaron políticas educativas tendientes a garantizar el derecho a la educación, procurando aumentar la cobertura y promover niveles mayores de egresados. Aumentó un 50,4% en este nuevo siglo (al menos hasta 2013), la cantidad de personas que reciben Educación Superior respecto a la población que está en edad ideal de asistir. La matrícula del conjunto de la Educación Superior creció significativamente ya sea que se consideren valores absolutos (56,7%) o la relación con el conjunto poblacional (36,5%). Este crecimiento es análogo al experimentado por la región en el mismo periodo y sitúa al país y a la región dentro de la tendencia internacional [12]. Siguiendo los aportes

de Lamarra [14], se puede destacar que, aun cuando las diferencias internacionales son altas y persiste una fuerte heterogeneidad, el Nivel Superior beneficia especialmente a los sectores de mayores ingresos y de zonas urbanas.

Otro dato a tener en consideración, es que en 2010, mientras que el 18,3% de la población de 25 a 29 años pertenecientes al quintil más rico finaliza los estudios terciarios, el 0,7% lo lograba de quienes pertenecían al quintil más pobre.

Es pertinente analizar el correlato entre el nivel de graduación., para corroborar que el acceso es condición necesaria pero no suficiente, ya que según las estadísticas solo el 20% se gradúa .A su vez, se evidencia que el alto porcentaje de desgranamiento se produce entre el 1º y el 2º año de cursado llegando a cifras tales como el 60%.

En Argentina, se establece el sistema irrestricto de ingreso, las estadísticas ponen de manifiesto que entre el 50% y el 60% de los ingresantes abandona los estudios habiendo cursado el primer año o parte limitada del segundo, luego de haber permanecido varios años en las instituciones universitarias. En su gran mayoría, predomina la concepción de que fallan los estudiantes, no las instituciones ni el sistema. [10]

A pesar de una expansión de la matrícula, las instituciones de Educación Superior, persisten con modelos universitarios pensados para los sectores medios y altos. En este punto, retomo los aportes de Ezcurra [13], quien afirma que predomina una perspectiva encubridora, que preserva el status quo, lo que implica una lógica de reproducción de la desigualdad cultural socialmente condicionada. A pesar, de la creación de universidades nacionales públicas en el territorio argentino, que permiten la posibilidad de estudiar a diversos sectores, aún nos resta superar los desafíos para la inclusión de las poblaciones indígenas en la educación universitaria. Primeramente, un aspecto central a tener en cuenta es que, el nivel superior intercultural, no cuenta con una ley propia.

A pesar de ello, encontramos al menos doce (12) universidades públicas que implementan propuestas formativas de base étnica, las cuales impregnan los programas que buscan atender necesidades y/o demandas de los pueblos originarios. Es posible destacar en la región norte del país, por ejemplo en la Universidad Nacional del Chaco Austral se desarrolla la Licenciatura en Educación Bilingüe Intercultural y la Universidad Nacional del Nordeste la Diplomatura de Pueblos Indígenas e Interculturalidad.

El interés por abordar la investigación sobre la problemática de la desvinculación universitaria en la carrera de Ingeniería Industrial está abocado a indagar con profundidad las causas y posibles soluciones a la misma con el objetivo que los resultados puedan contribuir en la planificación de nuevas estrategias y decisiones para la enseñanza superior universitaria.

Brindando otra aproximación cuantitativa al fenómeno de la graduación, centrada en este caso en el indicador de deserción intra-anual, Parrino [15], realiza una estimación de este indicador para cada una de las universidades nacionales entre los años 1999 y 2009 entre un máximo de 36% en una universidad nacional y un mínimo de 4,3% en otra.

El indicador de desvinculación intra-anual corresponde a la medición del abandono en el plano de cada institución, y es uno de los que se utilizará para abordar esta investigación.

Actualmente, nos encontramos recolectando información de los alumnos pertenecientes a la cohorte de la carrera objeto de análisis. La fuente de datos para el análisis cuantitativo de la investigación es el registro que la Universidad Nacional del Chaco Austral posee de sus alumnos por medio del sistema SIU Guaraní, además de utilizar los datos que arrojan las encuestas realizadas a los propios estudiantes de la institución.

Nos hallamos analizando el tiempo en días desde el ingreso hasta la desvinculación, entendiendo como desvinculación a la última actividad académica realizada por el alumno, que puede ser o bien “última materia regularizada” o “último final rendido” o “última reinscripción anual”.

3. METODOLOGÍA

Este es un proyecto de investigación de carácter exploratorio que tiene valor por abordar desde un punto de análisis determinado la problemática de la interrupción de los estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Asimismo, se desarrollará una investigación de tipo cuantitativa con un enfoque interpretativo crítico.

Preguntar, escuchar y observar puede ayudarnos a responder interrogantes sobre determinados fenómenos, por eso, indagamos sobre las ideas, conceptos y representaciones sobre desvinculación estudiantil que tienen docentes, estudiantes, equipos de gestión y otros actores de la mencionada institución. El estudio de los relatos de estas personas se vuelve una fuente de análisis que se complementa con otras fuentes primarias y secundarias de información.

El análisis de las representaciones sociales de los mencionados actores se desarrollará por métodos interrogativos y/o asociativos, tales como entrevistas y cuestionarios. Para las entrevistas se buscará la creación de un encuentro (espacio físico y temporal), se confeccionará una guía de preguntas amplia y flexible. Las entrevistas se llevarán adelante con preguntas abiertas y semiestructuradas. En los cuestionarios será material de análisis de esta investigación, la organización de las respuestas, el tipo de respuesta, la aparición de conceptos, entre otros. La

información obtenida de las entrevistas y de los cuestionarios será procesada a fin de obtener categorías de análisis y núcleos conceptuales donde se identificarán las distintas ideas principales que los actores institucionales relacionan con el fenómeno de la desvinculación universitaria.

El enfoque metodológico del estudio será predominantemente cualitativo, con una primera etapa cuantitativa (relevamiento estadístico de las características del alumnado). Se utilizará como fuente de datos para el análisis cuantitativo de la investigación el registro que la universidad tiene de sus alumnos por medio del sistema SIU Guaraní, además de utilizar los datos que arrojan las encuestas realizadas a los propios estudiantes de la institución.

El registro académico permitirá determinar si el estudiante desertor tuvo o no problemas académicos durante su permanencia en la institución en el año académico, así como los promedios finales por cada asignatura.

La ficha socioeconómica permitirá identificar el nivel de ingresos económicos familiares de cada estudiante desertor, además de otros datos tales como el mayor grado académico logrado por los padres, la situación socioeconómica de los padres, la dependencia económica de cada estudiante, el tipo de colegio de procedencia, entre otros.

La recolección de la información se realizará en diferentes etapas. En la primera etapa, se relevarán datos de tipo descriptivo sobre el origen social, económico y escolar de los alumnos a partir de las fichas de inscripción que los mismos completan para ingresar a la carrera.

Posteriormente se realizarán entrevistas en profundidad con alumnos a los fines indagar principalmente aspectos vinculados a los consumos y hábitos culturales y de estudio, las estrategias estudiantiles y las representaciones acerca de la carrera, la propuesta didáctica y de evaluación de los espacios curriculares, los modos de intervención de los docentes, la relación alumnos-docentes, las condiciones de formación y sus posibilidades de éxito o fracaso.

4. CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo hicimos referencia a lo posible y lo deseable en las universidades públicas argentinas, en torno a la desvinculación universitaria relacionando a su vez con conceptos de Inclusión y democratización de la Educación Superior.

“Educación Superior: es un derecho social, derecho humano, deber del Estado y bien social”: la Educación superior es la fuerza motora del desarrollo humano sustentable y el elemento por excelencia de integración regional. En este marco, el desafío es coincidiendo con las conclusiones de la Conferencia Mundial de la UNESCO sobre Educación Superior, el de la pertinencia académica, política y social en función de lo que la sociedad civil espera de las universidades.

Para ello, es necesario agendas de debates amplios, a partir de los planteamientos de las necesidades y/o demandas de la sociedad para así contribuir al desarrollo del sistema educativo.

En líneas generales, podemos afirmar que en Argentina se está avanzado en líneas temáticas que permitirán crear herramientas para afrontar la desvinculación universitaria en Ingeniería Industrial. Como ser:

- Articulación de la Educación Superior con otros niveles del sistema educativo.
- Ampliación de espacios participativos.
- Diseño y elaboración de metodologías y programas articuladores, incluyentes.
- Consolidación de una agenda regional.

Una Educación Superior que se piense, reflexione sobre sí misma para el diseño de políticas educativas pertinentes ese es el desafío. Una universidad que postule la participación de todos los actores como parte de una relación con sentido. Una universidad capaz de impulsar calidad, posicionamiento crítico frente al conocimiento y capaz de proyectar la articular de la responsabilidad social transformadora, el conocimiento y las comunidades.

El debate sobre la necesidad de implementar y consolidar políticas democratizadoras e inclusivas en nuestras universidades ha iniciado su camino. Para ello, será necesario que nos replanteemos nuestras bases teóricas y nuestras políticas en torno al acceso, permanencia y egreso en un marco de calidad y pertinencia.

4. REFERENCIAS.

- [1] Alemán, A., Reyes, E., Quintanilla R. y Rocío, E. (2007). La reprobación en la universidad: Un modelo para disminuirla. Memorias del IV Congreso de Investigación, Innovación y Gestión Educativas. (pp. 73-83). México: Tecnológico de Monterrey.
- [2] Himmel, E. (2002). Modelos de análisis de la deserción estudiantil en la educación superior. Calidad en la educación. 17(2), 91-108.
- [3] Perassi, Z. (2009). ¿Es la evaluación causa del fracaso escolar? Revista iberoamericana de educación, 50, 65-80.
- [4] Díaz, D., Morales, M. y Amador, L. (2009). Perfil Vocacional y rendimiento Escolar en Universitarios. Revista Mexicana de Orientación Educativa. 6(16), 20-23.

- [5] Tinto, V. (1989). Definir la deserción: una cuestión de perspectiva. *Revista de la educación superior* 3(71), 33-51.
- [6] Chiroleu, Adriana (2017), “Democratización e inclusión en la universidad argentina: sus alcances durante los gobiernos Kirchner (2003-2015)”, en *Educação em Revista*, Universidad Federal de Minas Gerais.
- [7] Chiroleu, Adriana. (2017). “¿Educación superior para todos? Los vaivenes de la ampliación de oportunidades en tres décadas de democracia política en Argentina, Brasil y Chile”, en *Revista Universidades* Año 1, N° 6 /N° 74 (octubre-diciembre), México DF, UDUAL.
- [8] Fernández Lamarra, N. (2004). “Hacia la convergencia de los sistemas de educación superior en Argentina”. *Revista Iberoamericana de Educación*. N° 35. Madrid.
- [9] Altbach, P., Reisberg, L. y Rumbley, L. (2009). Tras la pista de una revolución académica: Informe sobre las tendencias actuales para la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior organizada por UNESCO en 2009. París: UNESCO, 2009.
- [10] Fernández Lamarra, N. (2010). Hacia una nueva agenda de la Educación Superior en América Latina: situación y perspectivas. México: ANUIES.
- [11] Renaut, Alain. (2008). *La Universidad frente a los desafíos de la democracia*, *Revista Temas y Debates* N° 16, Rosario, UNR Editora.
- [12] Fernández Lamarra,, N. Y Perez Centeno, C. (2017). Debates y desafíos para el desarrollo de la educación superior latinoamericana del futuro. Hacia una nueva reforma universitaria. *Integración y conocimiento*. 2(7), 29-51.
- [13] Ezcurra, A.M. (2011). Masificación y enseñanza superior: una inclusión excluyente. Algunas hipótesis y conceptos clave. En: FERNÁNDEZ LAMARRA, N. y COSTA DE Paula, M.F. (coord.) (2011). *La Democratización de la Educación Superior en América Latina. Límites y Posibilidades*. Buenos Aires: EDUNTREF.
- [14] Fernández Lamarra, N. (2018). *La Educación Superior Universitaria argentina: situación actual en el contexto regional*. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional Tres de Febrero. 1º Edición.
- [15] Parrino, M. del C. (2012). *¿Evasión o expulsión? Los mecanismos de deserción en el primer año universitario*. (Tesis inédita de doctorado), Programa Interuniversitario Doctorado en Educación.



Emprendedorismo e Ingeniería Industrial

Índice

Emprendedorismo e Ingeniería Industrial

	Título del Trabajo	Código
Experiencia de vinculación internacional en la enseñanza de habilidades emprendedoras		CO20-G02
Redes neuronales para determinar el riesgo crediticio en el mercado micro-financiero de Perú		CO20-G05

Experiencia de vinculación internacional en la enseñanza de habilidades emprendedoras

Arcusin, Leticia*; De Greef, Melisa*; Tottereau Diaz, Luciana⁽¹⁾, Rossetti, Germán*

* Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Argentina. larcusin@fiq.unl.edu.ar

(1) Secretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica, Universidad Nacional del Litoral
Pasaje Martínez 2626, Santa Fe, Argentina

*Este trabajo completo fue originalmente presentado y expuesto en el **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIII COINI 2020**, en el cual, el comité de evaluaciones le otorgó la mención de **Trabajo Destacado** y propuso a los autores la publicación del artículo completo en la revista **RADI N°17***

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca en la participación de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), a través de la Facultad de Ingeniería Química y de la Secretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica, en un proyecto internacional de cooperación Latinoamericana y Europea en Innovación y Emprendedorismo, que busca el desarrollo de capacidades en los socios participantes en tres ejes de trabajo principales: las relaciones universidad-industria, las habilidades emprendedoras en educación y las estrategias universitarias para la innovación. A lo largo de 3 años (2017-2020), el proyecto reúne a 3 universidades de Europa y 7 de América Latina para facilitar un intercambio de conocimientos y buenas prácticas para profesores, autoridades y personal de oficinas de innovación. En el marco del segundo eje de trabajo, el objetivo planteado en la presentación del proyecto fue el de diseñar y dictar un curso en inglés, virtual, internacional, intercultural e interdisciplinario, en la temática de emprendedorismo e innovación, entre todas las universidades participantes, dirigido a estudiantes de grado y posgrado de dichas instituciones. El presente trabajo tiene como objetivo describir dicha experiencia.

En una primera instancia, se desarrollaron tres cursos pilotos, relacionados con las temáticas Design Thinking, Oportunidades Globales y Redes y ecosistemas internacionales. El resultado positivo de la experiencia, y en base a las lecciones aprendidas, se diseñó una segunda edición unificando los tres pilotos en un único curso de mayor extensión, a fin de articular los contenidos abordados. Durante todo el trayecto, se buscó desarrollar habilidades emprendedoras en estudiantes, profesores y gestores, facilitando un intercambio intercultural y de vanguardia de ideas y métodos para la enseñanza de emprendedorismo e innovación, con un énfasis especial en las experiencias y soluciones innovadoras para Aulas Virtuales Internacionales (IVC), entendidas desde un enfoque basado en la experiencia de grupos de trabajo globales y virtuales y en la gestión de la educación compartida internacionalmente.

De la evaluación de la segunda edición (“IVC 2020”) se desprende que consistió en una experiencia positiva para todos los actores involucrados. Tanto estudiantes como docentes manifestaron un alto grado de compromiso, a pesar del contexto de pandemia en el que fue llevado a cabo. Por otro lado, la vinculación del trabajo de los grupos internacionales a los ODS generó proyectos innovadores, que era uno de los objetivos del curso.

Dentro de los desafíos y perspectivas planteados por esta experiencia se encuentra el de institucionalizar el emprendedor-innovador en el ámbito de cada universidad, apoyando y promoviendo el espíritu de la cultura emprendedora a través de la incorporación curricular del IVC en la oferta académica, haciendo hincapié en metodologías y enfoques pedagógicos del aprendizaje y la enseñanza de las competencias básicas del emprendedor innovador, educación sobre la iniciativa emprendedora y movilidad virtual, recursos educativos abiertos y mejor aprovechamiento del potencial de las TICs.

Específicamente en el caso de UNL, este curso contribuiría al fortalecimiento del ecosistema emprendedor como actividad sustantiva de la institución, consolidando una masa crítica de integrantes de la comunidad universitaria formados como gestores y actores activos del mencionado ecosistema.

Palabras Claves: Internacionalización, Enseñanza, Emprendedorismo, Innovación

ABSTRACT

This work is framed on the participation of the Universidad Nacional del Litoral (UNL), through the Faculty of Chemical Engineering and the Technology Transfer Office, in an international project of Latin American and European Cooperation in Innovation and Entrepreneurship, that pretends the development of capacities in three main topics: university-industry relations, entrepreneurial skills in education and university strategies for innovation. During 3 years (2017-2020), the project brings together 3 universities from Europe and 7 from Latin America to facilitate an exchange of knowledge and good practices for professors, management and innovation office staff. Related with the second topic, the objective set in the project was to design a course in English, virtual, international, intercultural and interdisciplinary, on the subject of entrepreneurship and innovation, among all participating universities, for undergraduate and graduate students from these institutions. The present work aims to describe this experience.

In the first instance, three pilot courses were developed, related to Design Thinking, Global Opportunities and International Networks and Ecosystems. Based on the positive result of the experience and on the lessons learned, a second edition was designed unifying the three pilots in a single longer course, in order to articulate all the contents. It was sought to develop entrepreneurial skills in students, teachers and managers, facilitating an intercultural exchange of ideas and methods for teaching entrepreneurship and innovation. There was a special emphasis on experiences and innovative solutions for International Virtual Classrooms (IVC), based on the experience of global and virtual work groups and on the management of internationally shared education.

The evaluation of the second edition (“IVC 2020”) shows a positive experience for all the actors involved. Both students and teachers showed a high degree of commitment, despite the pandemic context in which it was carried out. In addition, the work of international groups related with the SDGs generated innovative projects, which was one of the objectives of the course.

One of the challenges and perspectives defined by this experience is to institutionalize the entrepreneur-innovator in the field of each university, supporting and promoting the spirit of entrepreneurial culture through the incorporation of the IVC curriculum in the academic offer.

Specifically in the case of UNL, this course would contribute to the strengthening of the entrepreneurial ecosystem as a substantive activity of the institution, consolidating a critical mass of university community members trained as managers and active actors of the mentioned ecosystem.

Keywords: Internationalization, Teaching, Entrepreneurship, Innovation

Redes neuronales para determinar el riesgo crediticio en el mercado micro-financiero de Perú

Canelo, César*; Espinoza, Pedro

*Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería
Dirección postal. ccanelo@uni.edu.pe*

RESUMEN.

Las entidades crediticias con la finalidad de mejorar el control del riesgo crediticio al que se exponen al desarrollar sus operaciones requieren apoyarse en modelos predictivos que les proporcione la información necesaria para la calificación de una solicitud de crédito. Los modelos predictivos que emplean las instituciones financieras se basan en técnicas estadísticas y modelos basados en aprendizaje de máquina. En esta investigación se propone un modelo basado en redes neuronales perceptron multicapa (RNPM) para determinar a-priori la aceptación o rechazo de la solicitud de crédito, dirigido a las entidades financieras que otorgan microcrédito. El valor esperado de la RNPM es la aceptación o el rechazo del crédito. Luego del experimento, se hacen estudios estadísticos de las variables para determinar esencialmente su correlación con los valores esperados de la red. Se han ensayado diversas estructuras de RNPM, alcanzando para un grupo de ellas, coeficientes de correlación del 97%. Para evaluar la capacidad predictiva de estas redes se separó una quinta parte de la totalidad de los registros; esta parte no intervino en el entrenamiento de la red, así la RNPM consiguió para estos datos una capacidad predictiva del 96%. De este modo, los modelos predictivos basados en redes neuronales se constituyen en herramientas de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la gestión del riesgo crediticio en el sector de los microcréditos.

Palabras Claves: riesgo crediticio, morosidad, redes neuronales perceptron multicapa.

ABSTRACT.

The credit institutions in order to improve control of the credit risk to which they are exposed when carrying out their operations, need to support on predictive models that provide them with the information necessary to qualify a credit application. The predictive models used by financial institutions are based on statistical techniques and models of machine learning. In this research, a model based on multilayer perceptron neural networks (RNPM) is proposed to determine a priori the acceptance or rejection of the credit application, aimed at financial institutions that grant microcredit. The expected value of the RNPM is the acceptance or rejection of the credit. After the experiment, statistical studies of the variables are made to essentially determine their correlation with the expected values of the network. Various RNPM structures have been tested, reaching for a group of them, correlation coefficients of 97%. To evaluate the predictive capacity of these networks, one fifth of all the records were separated; this part did not intervene in the training of the network, thus the RNPM achieved a 96% predictive capacity for these data. In this way, predictive models based on neural networks become decision support tools to improve credit risk management in the microcredit sector.

Keywords: credit risk, default, multilayer perceptron neural networks.

1. INTRODUCCIÓN

El riesgo crediticio es un problema antiguo que no ha cambiado en su esencia, pero se ha tornado cada vez más complejo por el crecimiento del volumen de las operaciones crediticias a través de los bancos.

La gestión del riesgo crediticio es una tarea compleja para cualquier entidad financiera, y adquiere cada vez mayor importancia por las consecuencias sobre su liquidez y la estabilidad financiera. Debido a que en todo crédito otorgado está inherente el riesgo de pérdida para el prestamista, las entidades crediticias constantemente tratan de controlar mejor el riesgo al que se exponen al desarrollar sus operaciones crediticias.

Una consecuencia de la gestión del riesgo crediticio es el índice de morosidad, y este índice ha aumentado en los últimos años en toda la región. Con respecto a la morosidad en el Perú, las Estadísticas del Sistema Financiero que publica la Asociación de Bancos del Perú, Asbanc [1], muestran que, a partir del 2012 hasta la actualidad, hay una tendencia creciente del índice de morosidad bancaria. Así en el 2012 el índice promedio de morosidad era de 1.70% y hasta agosto del 2019 la tasa promedio de morosidad es de 3.07%. Con respecto a la morosidad en América Latina, la misma fuente, presenta cifras de morosidad de junio de 2018 para 18 países, registrando una tasa promedio de 2.5%, siendo Colombia, con una tasa de 4.89%, el país que registra la mayor tasa morosidad. Perú registra una tasa de 3.10%, superior al promedio de los países de la región.

Por lo expuesto, se deduce que el creciente índice de morosidad es un problema que afecta a toda la región. Con la finalidad de apoyar a las instituciones financieras a mejorar el control del riesgo crediticio, las primeras investigaciones realizadas en este campo del conocimiento, propusieron diversos modelos basados en técnicas estadísticas, y a partir del año 2005 los modelos predominantes son los basados en aprendizaje de máquina, porque han demostrado mayor precisión en la predicción del riesgo crediticio.

2. ESTUDIOS RELACIONADOS

Hay diversos trabajos de investigación que evidencian la efectividad de las redes neuronales para construir modelos predictivos, así tenemos que Dereliog y Gürgen [2] proponen un método para el análisis del riesgo crediticio basado en una red neuronal perceptron multicapa para las pequeñas y medianas empresas de Turquía. El método propuesto incluye la selección de características usando árboles de decisión y la extracción recursiva de características con máquina de soporte vectorial, luego la extracción de características mediante el análisis de factores y análisis de componentes principales. El método propuesto se compara con los clasificadores k-vecinos más cercanos y máquina con soporte vectorial. Los resultados obtenidos muestran que la red neuronal perceptron multicapa es el clasificador de mejor rendimiento en términos de precisión de la predicción. Khashman [3] utiliza modelos de red neuronal supervisada backpropagation para la evaluación del riesgo crediticio bajo diferentes sistemas de aprendizaje. Las redes neuronales son entrenadas utilizando datos de solicitudes de crédito alemán. Usa tres modelos de redes neuronales que difieren en su topología, luego se investigan nueve esquemas de aprendizaje con diferentes porcentajes de datos para el entrenamiento y la validación, y se comparan los resultados de la implementación. Para comparar los tres modelos de redes neuronales dentro de los nueve esquemas de aprendizaje se emplean los criterios tasa de precisión y costos computacionales. Solo tres implementaciones satisfacen estrechamente los criterios de evaluación. Bekhet y Eletter [4] desarrollan un modelo predictivo de alto rendimiento usando redes neuronales artificiales (ANN) para los bancos comerciales jordanos. Trabajan con un conjunto de datos de préstamos de bancos comerciales jordanos. Construyen una red neuronal feed-forward de tres capas con la arquitectura 12-9-1 y se utiliza el método de entrenamiento por lotes para reducir el error más rápidamente. Obtiene como resultado que el modelo neuronal podría detectar el 95% de las solicitudes aceptadas correctamente, y el 89.9% de las solicitudes rechazadas correctamente. Blanco, Pino-Mejías, Lara y Rayo [5] desarrollan un modelo de credit scoring para la industria de micro-finanzas utilizando redes neuronales perceptron multicapa y comparan su rendimiento con tres técnicas paramétricas: análisis discriminante lineal, análisis discriminante cuadrática y regresión logística. Trabajan con una base de datos de una micro financiera peruana que contiene información de clientes de microcrédito del período 2003-2008. Se crean 17 modelos de credit scoring, de los cuales 14 modelos se basan en redes perceptron multicapa (MLP). Para evaluar los modelos se emplea el área bajo la curva Receiver Operating Characteristic (ROC) y los costos de clasificación errónea. De los resultados obtenidos se concluye que, los modelos de redes neuronales perceptron multicapa no solo tienen un área bajo la curva ROC mayor, sino también tienen un costo de clasificación errónea menor. Bekhet y Eletter [6] exploran la eficacia de dos modelos de calificación de crédito en los bancos comerciales jordanos: red neuronal con función de base radial y el modelo de regresión logística. También se investiga la superioridad del modelo de red neuronal con función de base radial sobre la regresión logística en la identificación de los potenciales morosos. Trabajan con un conjunto de solicitudes aceptadas y rechazadas de diferentes bancos comerciales jordanos del período 2006-2011. El modelo de regresión logística tiene como finalidad determinar la probabilidad de que un solicitante pertenece a una clase, buena o mala. Ambos modelos muestran resultados prometedores

y se concluye que no hay un mejor modelo general de evaluación de una solicitud de crédito. El modelo de regresión logística obtiene mejor resultado en la tasa de clasificación general, pero el modelo de red neuronal con función de base radial lo supera en la selección de solicitudes rechazadas, la identificación de potenciales morosos y por tanto la minimización del error tipo II. Malhotra y Malhotra [7] primero evalúan la efectividad de las redes neuronales y las técnicas estadísticas para detectar potenciales morosos de préstamos en el entorno de una cooperativa de crédito. Segundo, investigan la superioridad de varios modelos de redes neuronales existentes sobre técnicas estadísticas. Tercero, comparan la precisión de la clasificación de tres modelos de redes neuronales para evaluar las solicitudes de préstamos al consumidor: El modelo backpropagation con aprendizaje adaptativo, el modelo backpropagation con la aproximación de Levenberg-Marquardt y el modelo de cuantificación de vectores de aprendizaje (aprendizaje competitivo) y seleccionar el mejor modelo que identifica el máximo de préstamos "malos". Trabajan con las solicitudes de préstamos de 12 cooperativas. Se plantea como hipótesis nula que la proporción de clasificación correcta para el modelo de regresión logística es mayor o igual que la proporción de clasificación correcta de los modelos de redes neuronales. Esta hipótesis se rechaza para los préstamos malos. El modelo backpropagation con aproximación Levenberg-Marquardt con dos capas ocultas tiene mejor rendimiento que los demás modelos, pues tiene la mayor precisión de los errores tipo II que es el más costoso para las entidades crediticias. El modelo de cuantificación del vector de aprendizaje proporcionó el grado más alto de exactitud global de la predicción en la identificación correcta de "buenos" préstamos y "malos" préstamos de crédito. Zhao, Xu, Kang, Kabir, Liu y Wasinger [8] presentan un modelo de credit scoring de mejor precisión basado en redes neuronales feed forward perceptron multicapa (MLP). La mejora del modelo se basa en tres aspectos: optimizar la distribución de los datos en el conjunto de datos utilizando el nuevo método denominado elección aleatoria promedio, para garantizar la equidad y el equilibrio de los datos, comparar los efectos del número de instancias en las fases de entrenamiento, validación y prueba, y encontrar el número adecuado de neuronas en la capa oculta. Se utiliza un conjunto de datos del mundo real y los resultados muestran que este modelo logra una precisión de clasificación de 87% que es superior a la de los modelos reportados en la literatura relevante de los últimos años. Kiruthika y Dilsha [9] comparan un modelo de regresión logística y un modelo de red neuronal para la calificación crediticia. Trabajan con un conjunto de datos de la India consistente en 520 registros de microcréditos. Para la evaluación de los modelos emplearon la tasa de clasificación errónea y el área bajo la curva ROC, ambos modelos se probaron con y sin selección de variables. Los resultados indicaron que la selección de variables influye en el rendimiento del modelo, por tal razón el modelo de red neuronal con selección de variables resultó ser el mejor. Otra conclusión del estudio indica que no hay un parámetro específico y una regla para construir un buen modelo ya sea para red neuronal o regresión logística, cada modelo tiene sus ventajas y desventajas y ambos modelos requieren decisiones cuidadosas para especificar su arquitectura. Bequé y Lessmann [10] exploran el potencial de las máquinas de aprendizaje extremo, que es un tipo de red neuronal artificial para la gestión del riesgo crediticio. Este nuevo método se compara con otras técnicas conocidas de credit scoring como son redes neuronales artificiales, k-vecinos más cercanos, árboles de decisión de regresión y clasificación y regresión logística regularizada, para lo cual se usan tres conjuntos de datos de la vida real. Los autores enfocan su estudio en determinar la facilidad de uso, la complejidad computacional y la precisión discriminativa de la predicción. En los experimentos se emplean dos medidas para las comparaciones: porcentaje correctamente clasificado y el área bajo la curva ROC. Se hacen comparaciones en forma individual y con clasificadores de conjunto, y los resultados muestran que no hay una clara superioridad entre los clasificadores individuales, pero el método propuesto tiene un rendimiento competitivo o superior a sus pares.

3. DATOS Y VARIABLES

Se utiliza un conjunto de datos de una Caja Municipal de Ahorro y Crédito, conformado por 15,569 registros de prestatarios de micro-crédito. La Tabla I muestra las variables que contiene la base de datos que se emplea en el modelo. Por razones de privacidad de la fuente de información, se desconoce la relación de dependencia de las variables. La calificación de los clientes se ha codificado con 0 para los que tienen crédito y con 1 para los que no lo tienen.

Tabla I Variables del modelo

Nro.	Atributo	Descripción
1	MON	Tipo de moneda.
2	MORG	Monto original del crédito otorgado.
3	SKCR	Saldo capital de la deuda.
4	TCR	Tipo de crédito según Reporte Crediticio de deudores.
5	CAL	Días de atraso al cierre del mes.
6	CALINT	Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema.
7	DAK	Días de atraso al cierre del mes.

8	DAKR	Días de atraso reales de la última cuota pagada.
9	DAPR	Promedio de días de atraso incurridos en el pago de cuotas correspondientes a los últimos 6 meses.
10	PCI	Provisión constituida.
11	KVI	Saldo de capital vigente de la operación.
12	KVE	Saldo de capital vencido de la operación.
13	KJU	Saldo de capital en cobranza judicial de la operación.
14	SIN	Rendimientos devengados de la operación.
15	SIS	Intereses en suspenso acumulados de la operación.
16	FOT	Fecha de desembolso.
17	ESAM	Esquema de amortización.
18	DGR	Número de días de gracia para pago de capital según cronograma.
19	FVEG	Fecha de vencimiento general de la operación.
20	FVEP	Fecha de vencimiento puntual de la operación.
21	PCUO	Periodicidad de cuotas.
22	NCPR	Número de cuotas programadas.
23	NCPA	Número de cuotas pagadas.
24	RFA	Indicador de Rescate Financiero Agropecuario.
25	CAGE	Código de agencia.
26	TEA	Tasa efectiva anual.
27	Fi-id	Flag de rechazo.

El archivo base de datos tiene 15,569 filas por 27 columnas. Las primeras 26 columnas son las variables y la columna 27 es el valor esperado de la red (0=se acepta; 1=se rechaza). La tabla 2 muestra las medidas estadísticas de las variables.

Tabla 2 Medidas estadísticas de las variables.

Variables	N° Variable	Min	Max	Std	Media	Moda	CCR
MON	1	1	2	0.03	1	1	-0.01
MORG	2	300	297770	10957.9	5879.45	1000.00	0.01
SKCR	3	16.24	297770	10475.3	5078.65	1000.00	0.01
TCR	4	8	13	1.1	11.07	12.00	-0.03
CAL	5	0	4	0.59	0.15	0.00	0.43
CALINT	6	0	4	0.55	0.13	0.00	0.45
DAK	7	-419	268	37.64	-14.98	-15.00	0.26
DAKR	8	0	162	8.32	2.88	0.00	0.78
DAPR	9	-125	88	4.6	0.02	0.00	0.21
PCI	10	0.83	48000	756.33	136.1	20.00	0.13
KVI	11	0	297770	10480.4	5034.86	1000.00	0
KVE	12	0	26527	453.83	38.05	0.00	0.22
KJU	13	0	29822	350.02	5.75	0.00	0.04
SIN	14	0	19652.8	498.09	164.71	0.00	0.05
SIS	15	0	5903	94.62	9.03	0.00	0.19
FOT	16	40546	40847	84.95	40712	40751.00	-0.14
ESAM	17	1	5	0.35	2.94	3.00	0.03
DGR	18	0	360	21.54	6.35	0.00	0.03
FVEG	19	40714	48131	438.13	41198.3	41001.00	-0.01
FVEP	20	40579	41209	37.64	40862.2	40849.00	-0.26
PCUO	21	1	365	35.29	35.84	30.00	-0.02
NCPR	22	1	240	14.3	15.65	12.00	0.01
NCPA	23	0	37	2.77	3.47	0.00	0.03
RFA	24	1	1	0	1	1.00	NaN
CAGE	25	1	44	13.38	18.98	1.00	-0.01
TEA	26	12.01	293.79	18.25	51.09	58.27	0.04
AR	27	0	1	0.14	0.02	0.00	1

4. METODOLOGÍA.

El objetivo de la presente investigación es proponer un modelo basado en redes neuronales perceptron multicapa (RNPM) para determinar a-priori la aceptación o rechazo de la solicitud de crédito. Este modelo está dirigido a las entidades financieras que otorgan microcrédito.

Con este objetivo, se ha trabajado con la base de datos de una entidad de microcrédito, con 15,569 registros y 26 variables características del préstamo. Cabe destacar, que por razones de privacidad no se nos informó de las relaciones de dependencia existentes entre las variables. Luego de un trabajo estadístico y con la ayuda de las redes neuronales se descubrió que la variable N°8 (DAKR) es la que define la aceptación o rechazo del crédito, pero en un rango de valores. No obstante, ello se ha trabajado con las 26 variables, porque la micro financiera así lo tiene en su sistema. Con esta base de datos se hace un estudio con redes neuronales supervisadas y redes neuronales probabilísticas.

4.1. ESTUDIO CON REDES NEURONALES SUPERVISADAS.

Se desarrollará una red neuronal supervisada (backpropagation), teniendo como entrada los datos mencionados en la sección 3, pero convertidos en una matriz D con 26 filas, que son las variables y 15,569 columnas que son los registros de los clientes. F es la matriz de 1 fila por 15,569 columnas, conformada por ceros y unos. Estos últimos son los valores esperados de la red.

4.1.1 Capacidad de pronóstico de la red.

Se separan las columnas de D empleando clases de equivalencia módulo 5. De este modo quedan constituidas las matrices:

P de 26 filas por 12,456 columnas
 Pb de 26 filas por 3,113 columnas
 T de 1 fila por 12,456 columnas
 Tb de 1 fila por 3,113 columnas

Las matrices Pb y Tb no intervienen en el entrenamiento de la red neuronal, quedan reservadas para medir la capacidad de la red neuronal entrenada.

4.1.2 Normalización y depuración de los datos.

Las matrices P y T se normalizan, es decir se transforman en otras, cuyas filas tienen promedio cero y desviación estándar 1. Para esto se utiliza el comando de Matlab que se indica.

[pn, ps1] = mapstd(P);

[tn, ts] = mapstd(T);

Posteriormente se reduce la dimensionalidad de las variables empleando el método de las componentes principales que se ejecuta con el siguiente comando.

[ptrans, ps2] = processpca(pn,0.001);

En este caso, la dimensionalidad se ha reducido de 26 a 22.

4.1.3 Separación de las columnas de ptrans para el entrenamiento, validación y test de la red.

En nuestro caso se realizó empleando las clases de equivalencia módulo 4 que permite separar las columnas de ptrans en un 50% para el entrenamiento, 25% para la validación y el resto 25% para la prueba. Este procedimiento reemplaza a los métodos aleatorios en la separación de las columnas de la matriz.

4.1.4 Creación y entrenamiento de la red neuronal.

Esto se realiza invocando al comando *newff* de Matlab, que requiere de los rangos de las variables de entrada y de la estructura de la red. En nuestro caso hemos elegido una red con 4 capas, que tienen 14, 10, 8 y 1 neuronas respectivamente. Para las 3 primeras capas se tomó la función *tansig* y para la última *purelin*. Luego de ejecutar el programa en Matlab se obtiene la red entrenada con los siguientes resultados de correlación para las tres fases del experimento y el resultado global. La Tabla 3 muestra el valor de R obtenido.

Tabla 3 Resultados de correlación obtenidos

	Entrenamiento	Validación	Prueba	Global
R	0.99957	0.97458	0.9785	0.98801

Independientemente de los resultados de la Tabla 3, se calculan los Coeficientes de determinación: R, R², MSE y RMSE que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Coeficientes de determinación

R	R²	MSE	RMSE
0.9880076	0.9761590	0.0004782	0.0218668

4.1.5 Estudio del error entre T y R.
E=valor absoluto (T-R)

Se separa el rango de E en 13 intervalos consecutivos, se calculan sus frecuencias, sus frecuencias relativas y el histograma que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Estudio del error entre T y R

ERROR – FRECUENCIA--PROBABILIDAD	HISTOGRAMA
1.0e+04 * 0.0000000 1.2424999 0.0000998 0.0000080 0.0013000 0.0000001 0.0000160 0.0002000 0.0000000 0.0000239 0.0002000 0.0000000 0.0000319 0.0003000 0.0000000 0.0000399 0.0001000 0.0000000 0.0000479 0.0001000 0.0000000 0.0000559 0.0004000 0.0000000 0.0000638 0 0 0.0000718 0.0002000 0.0000000 0.0000798 0 0 0.0000878 0.0001000 0.0000000 1.958 02000 0.0000000	

4.1.6 Pronóstico de la RNA con entradas Pb y Tb.

La red neuronal entrenada desconoce estas matrices Tb y Pb porque éstas no han intervenido en ninguna de las fases de entrenamiento, validación y prueba de la RN, en consecuencia, cuando se le entregue a la red neuronal estas matrices, ella debe ser capaz de entregarnos una respuesta muy próxima a lo que aparece en la matriz fila Tb. Ejecutando los programas correspondientes se obtiene los resultados que se muestran en la Tabla 6. Como se puede apreciar, se llega a una conclusión completamente similar.

Tabla 6 Estudio del error entre Tb y Rb

ERROR—FRECUENCIA--PROBABILIDAD	HISTOGRAMA
1.0e+03 * 0.0000000 3.0860000 0.0009913 0.0000824 0.0050000 0.0000016 0.0001648 0.0030000 0.0000010 0.0002472 0 0 0.0003295 0 0 0.0004119 0 0 0.0004943 0 0 0.0005767 0.0010000 0.0000003 0.0006591 0 0 0.0007415 0.0010000 0.0000003 0.0008239 0.0010000 0.0000003 0.0009062 0.0030000 0.0000010 0.0009886 0.0130000 0.0000042	<p>Hay 3,113 registros</p>

Los Coeficientes de determinación correspondientes se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Coeficientes de determinación

R	R²	MSE	RMSE
0.8789555	0.7725627	0.0053849	0.0733818

4.1.7 RESULTADOS.

- a) La correlación indica cuáles son las variables que están más vinculadas con la aceptación o rechazo. Estableciendo un umbral de 0.50 solo hay 3 variables que presentan una alta correlación, la variable DAKR (días de atraso reales de la última cuota pagada) tiene la mayor correlación (0.78). Las otras variables que presentan una alta correlación son CALIN (Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema) y CAL (Clasificación del deudor).
- b) Entre las variables de menor correlación se puede mencionar KVI (Saldo de capital vigente de la operación), MORG (Monto original del crédito otorgado), SKCR (Saldo capital de la deuda) y NCPR (Número de cuotas programadas).
- c) En la Tabla 3 se observa que la correlación en el entrenamiento es 0.99957, en la validación es 0.97458 y en la prueba es 0.9785, además el global es 0.98801.
- d) El error entre el valor entregado por la red R y el valor esperado de la red T, se acumula en un rango que va de 0 a 0.08 de un total de 12,424 registros.
- e) En la Tabla 6 se contabiliza el número de registros para los cuales la RN ha dado una respuesta muy próxima al valor esperado, es de 3,086 registros. De otro lado, podemos observar que el error más alto es de 0.9886 y corresponde a sólo 13 registros.

4.2. ESTUDIO CON LAS REDES NEURONALES PROBABILÍSTICAS.

Son una especie de redes neuronales de base radial, que se prestan para resolver problemas de clasificación. En Matlab se denomina **newp**.

Los datos de entrada son los mismos de la sub-sección 4.1, donde las matrices P y T son para el entrenamiento de la red neuronal y Pb, Tb que no intervienen, están separados para medir la capacidad de pronóstico de la red.

Para los datos P y T, la red entrega una salida R. Se estudia el error en valor absoluto, entre T y R, esto es: $E=|T-R|$, obteniendo los siguientes resultados:

- a) El número de acierto, es decir donde $E=0$, se da en 12,203 registros que constituyen el 97% de total de columnas que tienen P y T.
- b) El número de errores, es decir cuando $E=2$, se produce en 253 registro, que constituye el 2.03%. Luego se ha medido la capacidad de pronóstico de la red. Para esto se le entregó los datos de entrada Pb y se simuló su salida Rb. El error en valor absoluto: $E_b=|T_b-R_b|$, arrojó los siguientes resultados:
 - a) El número de aciertos se dio para 3,054 registros, que constituyen el 98.1% del total de columnas que tienen Pb y Tb.
 - b) El número de desaciertos, esto es $E_b=2$, se produjo en 59 registros, que represente el 1.9%.

5. CONCLUSIONES.

- a) La capacidad de pronóstico de la red neuronal es alta, los valores de los coeficientes de determinación así lo demuestran.
- b) En el experimento realizado con la red neuronal, se observa que el orden en que ingresan los datos a la red, hace variar la correlación, únicamente en 1 % (de 98 baja 97%). La respuesta de la red no varía significativamente.
- c) Los resultados obtenidos con las redes neuronales probabilísticas son muy similares a los que se obtuvieron con las redes neuronales backpropagation.

6. REFERENCIAS.

- [1] Asbanc (2019). Estadísticas del Sistema Financiero. [Online]. Available: https://www.asbanc.com.pe/Paginas/Estadistica/Estadisticas.aspx?gclid=EAlaIqobChMIntSvxd_s5QIVDYiGCh1WDAAzEAAYASAAEgKdv_D_BwE
- [2] Derelioglu, Gulnur; Gürgen, Fikret. (2011). Knowledge discovery using neural approach for SME's credit risk analysis problem in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 38(8), páginas 9313-9318.
- [3] Khashman, Adnan. (2010). Neural networks for credit risk evaluation: Investigation of different neural models and learning schemes. *Expert Systems with Applications*, 37(9), páginas 6233-6239.
- [4] Bekhet, Hussain; Eletter, Shorouq. (2012). Credit Risk Management for the Jordanian Commercial Banks: A business Intelligence Approach. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(9): páginas 188-195, 2012.
- [5] Blanco, Antonio; Pino-Mejías, Rafael; Lara, Juan; Rayo, Salvador. (2013). Credit scoring models for the microfinance industry using neural networks: Evidence from Peru. *Expert Systems with Applications*, 40(1), páginas 356–364.
- [6] Bekhet, Hussain; Eletter, Shorouq. (2014). Credit risk assessment model for Jordanian commercial banks: Neural scoring approach. *Review of Development Finance*, 4(2014), páginas 20-28.

- [7] Malhotra, Rashmi; Malhotra, D.K. (2014). Identifying Potential Loan Defaulters in The Credit Union Environment: a Comparative Analysis Of Statistical and Neural Network Models. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 2(2), páginas 20-48.
- [8] Zhao, Zongyuan; Xu, Shuxiang; Kang, Byeong; Kabir, Mir; Liu, Yunling; Wasinger, Rainer (2015). Investigation and improvement of multi-layer perception neural networks for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 42(7), páginas 3508-3516.
- [9] Kiruthika; Dilsha, M. (2015). A Neural Network Approach for Microfinance Credit Scoring. *Journal of Statistics and Management Systems*, 18(1-2), páginas 121-138.
- [10] Bequé, Artem; Lessmann, Stefan. (2017). Extreme Learning Machines for Credit Scoring: An Empirical Evaluation. *Expert Systems with Applications*, 86, páginas 42-53. doi:10.1016/j.eswa.2017.05.050.

COINI 2020

XIIIº Congreso Internacional de Ingeniería Industrial

Este libro es la recopilación de los trabajos presentados y las actividades desarrolladas en el XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - COINI 2020 realizado del 19 al 24 de octubre de 2020 y organizado por la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI) y la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional. Las áreas que se abordaron en esta edición son: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria; Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional; Gestión de Operaciones y Logística; Gestión Económica; Innovación y Gestión de Productos; La Educación en la Ingeniería Industrial; Emprendedorismo e Ingeniería Industrial.



Universidad
Tecnológica
Nacional



Facultad
Regional
San Rafael

ISBN 978-987-4998-74-3



9 789874 998743