

ESPECIALIZACION EN INGENIERIA EN SISTEMAS DE INFORMACION

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

**Relevamiento de las prácticas de calidad en el desarrollo de software en
empresas de la ciudad de Santa Fe**

Autor: Lic. Gustavo Derrier

Directora: Dra. María Luciana Roldán



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe

25 de Noviembre de 2021

Índice general

Capítulo 1. Introducción	5
1.1. Objetivo general.	7
1.1. Objetivos específicos.....	7
Capítulo 2. Calidad en el desarrollo de software.....	8
2.1. Calidad del producto y calidad del proceso software.....	9
2.2. Gestión de la calidad del software.....	10
2.3. Las organizaciones inmaduras y la calidad deficiente.. ..	12
Capítulo 3. Modelos y normas de calidad en el desarrollo de software	14
3.1. Normas de calidad de la ISO/IEC... ..	15
3.1.1. Normas ISO/IEC asociadas a la calidad del producto de software.....	15
3.1.2. Normas ISO/IEC asociadas al proceso de desarrollo del software.....	18
3.1.3. Normas ISO/IEC relacionadas con la gestión de la organización desarrolladora de software... ..	19
3.2. El Modelo CMMI.....	20
3.3. Certificaciones de calidad y las dificultades que enfrentan las PYMES.....	23
3.4. Otros modelos de calidad aplicables a PYMES desarrolladoras de software.....	24
3.5. Las metodologías ágiles y desafíos en relación a calidad.....	26
3.5.1. Valores y principios... ..	27
3.5.2. Las metodologías ágiles y los modelos de calidad... ..	29
Capítulo 4. Diseño de la encuesta sobre calidad a empresas de la ciudad de Santa Fe	31
4.1. Sobre las empresas argentinas de software.....	31
4.2. Metodología para el desarrollo de una encuesta a empresas... ..	33
4.2.1. Diseño de la encuesta... ..	33
4.2.2. Validación y corrección... ..	35
4.2.3. Distribución y recolección de datos.....	35
4.2.4. Análisis de los resultados... ..	36
Capítulo 5. Resultados de la encuesta sobre calidad en empresas de Santa Fe	37
Capítulo 6. Conclusiones.	52
Bibliografía	54
Apéndice A. Encuesta.....	60

Índice de figuras

Figura 1- Norma de Calidad ISO/IEC 25000.....	Página 16
Figura 2- Estructura del modelo Competisoft.....	Página 26
Figura 3- Resultados pregunta 1 de la encuesta.....	Página 37
Figura 4- Resultados pregunta 3 de la encuesta.....	Página 38
Figura 5- Resultados pregunta 4 de la encuesta.....	Página 38
Figura 6- Resultados pregunta 5 de la encuesta.....	Página 39
Figura 7- Resultados pregunta 6 de la encuesta.....	Página 39
Figura 8- Resultados pregunta 8 de la encuesta.....	Página 40
Figura 9- Resultados pregunta 9 de la encuesta.....	Página 40
Figura 10- Resultados pregunta 13 de la encuesta.....	Página 41
Figura 11- Resultados pregunta 14 de la encuesta.....	Página 42
Figura 12- Resultados pregunta 15 de la encuesta.....	Página 42
Figura 13- Resultados pregunta 17 de la encuesta.....	Página 43
Figura 14- Resultados pregunta 23 de la encuesta.....	Página 44
Figura 15- Resultados pregunta 24 de la encuesta.....	Página 45
Figura 16- Resultados pregunta 25 de la encuesta.....	Página 45
Figura 17- Resultados pregunta 27 de la encuesta.....	Página 46
Figura 18- Resultados pregunta 29 de la encuesta.....	Página 47
Figura 19- Resultados pregunta 30 de la encuesta.....	Página 47
Figura 20- Resultados pregunta 32 de la encuesta.....	Página 48
Figura 21- Resultados pregunta 36 de la encuesta.....	Página 49

Índice de tablas

Tabla 1 - ISO/IEC 25010 Calidad del producto: características y subcaracterísticas	Página 17
Tabla 2 - ISO/IEC 25010 Calidad en uso: características y subcaracterísticas.....	Página 18
Tabla 3 - Correspondencia entre niveles de capacidad y de madurez de CMMI	Página 22
Tabla 4 - Resultados preguntas 10, 11 y 12 de la encuesta.....	Página 41

Capítulo 1. Introducción

El software está cada vez más presente en la vida de las personas y de las organizaciones tanto públicas como privadas, en aspectos como la salud, educación, economía, etc. Las personas basan sus trabajos, confort, seguridad, diversiones, decisiones y sus propias vidas en software de computadora, por lo que más vale que esté bien hecho (Pressman, 2010). Debido a las exigencias actuales del mercado, hoy en día la calidad de un producto es crítica para el éxito de la empresa que lo desarrolla. Esto también se traslada a la industria del software, en donde la calidad es considerada como una disciplina más dentro de la Ingeniería de Software (Alonso e Iglesias, 2007).

Los sistemas que se desarrollan son cada vez más grandes y complejos. Esto hace que la preocupación por su calidad, seguridad y fiabilidad esté en aumento. El Standish Group con su clásico reporte “Chaos Report” que publica anualmente a partir del estudio de proyectos de software de todo el mundo (a los que clasifica como “successful”, “challenged” o “failed”, en español: exitosos, discutidos y fallidos, respectivamente), informó que en 1994, el 31% de los proyectos se cancelaron, el 53% tenían deficiencias, mientras que el 16% fueron un éxito (The Standish Group, 1995). El mismo informe muestra que en 2015, el 19% de los proyectos se cancelaron, el 52% tenían deficiencias, mientras que el 29% fueron un éxito. Se considera proyectos deficientes a aquellos que tienen retrasos, que están por encima del presupuesto y/o con menos de los requisitos esperados, mientras que los cancelados son aquellos que se cancelaron o se terminaron, pero el producto nunca se usó (The Standish Group, 2015).

Datos más recientes indican que el Standish Group amplió sus estudios considerando no sólo proyectos tradicionales o en cascada, para incorporar también proyectos ágiles. Según los datos de 2018 (Mersino, 2018) y considerando el periodo de 2013 a 2017, respecto de los proyectos ágiles: 42% resultaron exitosos, 50% discutidos y 8% fallidos, mientras que en relación a los proyectos tradicionales expone que el 26% resultaron exitosos, 53% discutidos y 21% fallidos. A su vez el estudio señala que los proyectos ágiles tienen éxito con mayor frecuencia y menos de probabilidades de fallar que los proyectos en cascada.

Se puede decir que desde el advenimiento de la Ingeniería de Software siempre han estado presentes los problemas relacionados con alcanzar niveles óptimos de calidad en el desarrollo de software. Los parámetros de tiempos de desarrollo y costo de soluciones siempre han afectado directamente al trabajo a realizar, siendo la calidad la primera variable de ajuste disponible. La calidad de un sistema informático depende esencialmente de la calidad de los procesos utilizados para su desarrollo y la posibilidad de adecuarse a los parámetros previamente definidos (Pasini y colab., 2008).

Es común encontrarse con proyectos que generan productos de dudosa calidad debido a que los responsables decidieron no realizar tareas de revisión de diseño y código o determinadas pruebas porque dilatarían el tiempo de salida al mercado o el cumplimiento de las fechas de entrega (Pantaleo, 2011). La realidad nos muestra a diario proyectos de software que fracasan y

no sorprende que los motivos de estos fracasos sean comunes a la mayoría de estos proyectos: desvíos provocados por la escasa visibilidad de los mismos (visibilidad en cuanto a que todos puedan conocer el alcance del proyecto, los avances registrados, las desviaciones que se originaron y el estado actual de la funcionalidad, entre otras cuestiones), impredecibilidad de los tiempos y costos de desarrollo por falta de planificación, alto grado de dependencia de personas claves para el proyecto, falta de aplicación de prácticas básicas de gestión de proyectos, entre otros. En general, estos problemas se presentan en proyectos de organizaciones que cuentan con procesos de desarrollo informales que hacen que el desarrollo sea poco predecible y repetible (Comisión Calidad CESSI, 2006).

Existe una creciente preocupación por lograr que los productos software cumplan con ciertos criterios de calidad. Para ello, se avanza en la definición e implementación de estándares que fijan los atributos deseables del software de calidad, a la vez que surgen modelos y metodologías para la evaluación de la calidad (Estayno y colab., 2009). En la actualidad, cada vez más las organizaciones de desarrollo de software buscan un factor diferenciador que les permita ofrecer a sus clientes productos de calidad, reduciendo sus costos e incrementando su productividad (Burdino y colab., 2019). La necesidad de contar con software de mayor calidad es una condición imperante en la industria del software debido primordialmente a que el usuario final exige un producto confiable y fiable. Por este motivo las normas de aseguramiento de calidad definen un conjunto de reglas y patrones que deben ser cumplidos por las empresas desarrolladoras de software, para generar productos que alcancen umbrales mínimos de confiabilidad y satisfacción de usuario (Bertone y colab., 2010; Dapozo y colab., 2015).

Las actividades de aseguramiento de calidad resultan críticas en la industria del software. Las normas de aseguramiento de calidad más reconocidas a nivel internacional son el modelo CMMI (“Capability Maturity Model Integration”), propuesto por el Software Engineering Institute, y las normas de calidad 9001, propuestas por la ISO. Hace algunos años atrás, algunos autores consideraban que estas normas eran difíciles de ser evaluadas o certificadas en pequeñas y medianas empresas (PYMES) desarrolladoras de software (Pasini y colab., 2008). Sin embargo, en trabajos más recientes los mismos autores señalan que el uso de normas y estándares para lograr mayor competitividad es cada vez más habitual en las PYMES desarrolladoras de software, ya sea para la obtención de una certificación, o simplemente lograr una mejora en el desarrollo del software a través del uso de buenas prácticas (Pesado y colab., 2015). Por otro lado, según el reporte del OPSSI del 2017 (OPSSI, 2017), al indagar sobre las certificaciones de calidad que poseen las empresas del sector, se obtuvo que al menos un 67% de las empresas tienen algún tipo de certificación y el 66% del total tenía al menos la certificación ISO9001.

Es imprescindible dotar los equipos de desarrollo de las habilidades necesarias para la aplicación de un proceso que permita asegurar un cierto nivel en la calidad del software que se va a producir. Expuesto lo anterior y a partir de la no existencia en los últimos años de un estudio previo publicado que se haya realizado en la ciudad de Santa Fe sobre la situación actual

respecto de la calidad en el desarrollo de software, es que se propone la realización de la investigación a ser desarrollada en este Trabajo Final Integrador. La temática es de interés tanto para las PYMES de la región, como para organismos gubernamentales de financiamiento y apoyo a PYMES, las cuales, mediante los resultados de este estudio, podrían enfocarse en la definición de políticas de fortalecimiento en el sector.

1.1 Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo final integrador es elaborar un relevamiento e informe sobre la situación de las empresas de desarrollo de software en el ámbito de la ciudad de Santa Fe en relación a la calidad en el desarrollo de software.

1.2. Objetivos específicos

- a) Recabar y seleccionar la bibliografía más relevante sobre calidad en general y sobre calidad de software, incluyendo los conceptos principales e importancia creciente.
- b) Explicar qué implica para una organización definir como objetivo alcanzar calidad en el desarrollo de software.
- c) Examinar el fundamento de las normas clásicas de aseguramiento de la calidad y su aplicación en empresas desarrolladoras de software, así como también aquellas estrategias alternativas y su empleo en PYMES.
- d) Describir qué elementos forman parte de un sistema de aseguramiento de la calidad.
- e) Releva el proceso de desarrollo de software de empresas de la ciudad de Santa Fe, prestando atención a su contexto, su situación actual, y a las actividades y prácticas de calidad que llevan adelante estas organizaciones.
- f) Describir y sintetizar los resultados obtenidos en las actividades realizadas para alcanzar el objetivo anterior.
- g) Conocer la percepción de las empresas santafesinas en cuanto a los beneficios obtenidos gracias a la implementación de prácticas tendientes a lograr calidad en el desarrollo de sus productos de software.

El resto del presente Trabajo Final Integrador se organiza de la siguiente manera. En el Capítulo 2 se estudiarán los conceptos fundamentales relativos a Calidad en Software. En el Capítulo 3 se estudiarán y analizarán las normas y modelos de calidad en desarrollo de software más utilizados en las organizaciones. En el Capítulo 4 se describirá el diseño de una encuesta a las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe, a fin de releva el grado actual de adopción y adherencia a las normas de calidad. En el Capítulo 5 se presentarán los resultados de la encuesta que fue llevada a cabo. Finalmente, en el Capítulo 6 se exponen las conclusiones de este trabajo.

Capítulo 2. Calidad en el desarrollo de software

El tema de calidad en el desarrollo de software es una problemática de actualidad, que está presente en políticas de estado, en paneles empresariales, en jornadas académicas y es abordado también desde ámbitos universitarios, por ejemplo, incluyéndolo dentro de los planes de estudio de las carreras relacionadas a sistemas de información. Especialmente a nivel académico, la temática de calidad en el desarrollo de software está presente en la formación y capacitación de recursos humanos de grado y postgrado, generando desde las universidades acciones de consultoría y asesoramiento a organismos públicos y empresas privadas, e incluso conformando proyectos con líneas de investigación en temas relacionados con la mejora de los procesos de gestión y el aseguramiento de la calidad en cada una de las etapas del desarrollo del software, entre otras.

Ahora bien, ¿qué es la calidad? La calidad es un concepto muy complejo de definir, de difícil medición y dependiente de la valoración del sujeto (Peñalva, 2014).

La calidad es un concepto que tiene las siguientes características (Tello, 2016):

- es relativa: porque está en el ojo del observador y es relativa a las personas y su contexto.
- es multidimensional: porque está referida a varias cualidades, como la funcionalidad, la confiabilidad, el costo, la seguridad, etc.
- está sujeta a restricciones: el nivel o grado de calidad de ese algo puede estar sujeto a restricciones.
- no es ni totalmente subjetiva, porque ciertos aspectos que influyen en la calidad pueden medirse, ni totalmente objetiva, ya que existen cualidades cuya evaluación solo puede ser subjetiva.

Debe tenerse en cuenta también, que la calidad se puede aplicar a muchos ámbitos. En particular, en este trabajo es de interés la calidad en las organizaciones desarrolladoras de software. Sin embargo, la ausencia de un formalismo específico para medir la calidad del software y la falta de acuerdo sobre su significado han dado lugar a variados esfuerzos por lograr consenso en estos aspectos (Fritz y colab., 2017).

Pfleeger define a la calidad del software como el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia. La calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad (Pfleeger, 2002).

Por su parte, Albin especifica que la calidad de un sistema de software es “una característica directamente relacionada con la habilidad del sistema para satisfacer requerimientos funcionales y no funcionales, tanto implícitos como explícitos” (Albin, 2003).

En tanto para Pressman la calidad de un sistema de software es “la concordancia del sistema con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente” (Pressman, 2010).

Finalmente, de acuerdo con la definición del estándar ISO/IEC 25000:2014, calidad de software es la capacidad del producto de software para satisfacer necesidades declaradas e implícitas cuando se utiliza en condiciones específicas (ISO/IEC 25000:2014, 2014-b).

El desarrollo de artefactos de software con niveles aceptables de calidad se presenta como una necesidad que, cada vez más, debe ser tenida en cuenta tanto por las empresas generadoras de sistemas de información como por los clientes y usuarios de éstos. La competitividad del mercado mundial de la primera década del siglo XXI, indica que producir sin la correspondiente calidad asociada redundará en proyectos destinados, seguramente, al fracaso (Tello, 2016). En tanto que debido a esta fuerte competencia en el mundo del desarrollo de software actual, las empresas y organizaciones dedicadas a esta actividad, buscan un factor que las diferencie de sus competidores y que les permita ofrecer a sus clientes productos de calidad, reduciendo sus costos e incrementando su productividad (Burdino y colab., 2019).

2.1. Calidad del producto y calidad del proceso de software.

Un producto es un bien tangible que es el resultado de un proceso. Aunque el software tiene aspectos intangibles, un producto de software es sin embargo un bien en sí mismo e incluye sus documentos asociados. Un proceso se define como el conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones usadas para desarrollar y mantener los productos de software y sus productos de trabajo asociados (Tello, 2016).

Cada organización que desarrolla software tiene definido un proceso de desarrollo, basado generalmente en alguna metodología estándar de la industria. Dicho proceso incluye no solo los procesos de desarrollo de software propiamente dichos, sino también procesos organizacionales que dan soporte a los mismos, tales como gestión de recursos humanos, gestión de calidad, registro de la performance organizacional, etc. (Humphrey, 1989).

A la hora de definir la calidad de software se debe diferenciar entre la calidad del producto de software y la calidad del proceso de desarrollo. No obstante, las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar las metas a establecer para la calidad del proceso de desarrollo, ya que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo. Sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto (Comisión Calidad CESSI, 2006; Miguel, 2010; Pantaleo, 2011; Llana y colab., 2013; Soza Zitto y colab., 2013). No hay duda de que el proceso de desarrollo utilizado tiene una influencia importante sobre la calidad del software y que los buenos procesos tienen más probabilidad de conducir a generar software de buena calidad (Sommerville, 2011). Además, no basta con tener en cuenta la calidad del producto una vez finalizado, cuando los problemas de mala calidad ya no tienen solución o la solución es muy costosa (Scalone, 2006; Miguel, 2010).

La calidad del producto final, los bajos costos y las entregas oportunas se transforman en elementos claves para el incremento de las ventas internas y la proyección a nivel internacional del sector. Para esto resulta fundamental la implementación de cuestiones asociadas a la gestión de calidad, no solamente desde el punto de vista del proceso de desarrollo sino también enfocada hacia el producto final (Rujana y colab., 2016).

El software de alta calidad proporciona beneficios a la organización que lo produce y a la comunidad de usuarios finales. La organización que elabora el software obtiene valor agregado porque el software de alta calidad requiere un menor esfuerzo de mantenimiento, menos errores que corregir y poca asistencia al cliente. Esto permite que los ingenieros de software dediquen más tiempo a crear nuevas aplicaciones y menos a repetir trabajos mal hechos. La comunidad de usuarios obtiene valor agregado porque la aplicación provee una capacidad útil en forma tal que agiliza algún proceso de negocios. El resultado final es:

- mayores utilidades por el producto de software;
- más rentabilidad cuando una aplicación apoya un proceso de negocios;
- mejor disponibilidad de información, que es crucial para el negocio (Tello, 2016).

Por lo tanto, lograr cierto nivel de calidad en un producto software, está estrechamente relacionado a mejorar el proceso de desarrollo (la construcción) del software, lo que implica establecer pautas para que la calidad sea incluida en todos los pasos del desarrollo (Miguel, 2010). La Ingeniería de Software ha avanzado a través del tiempo con una clara tendencia hacia la madurez de los procesos de desarrollo, con vistas a contemplar todas las tareas relacionadas con el desarrollo de software, como un proceso que puede ser controlado, medido y mejorado. Sin embargo, mantener la calidad a lo largo del proceso de desarrollo es una tarea difícil (Blas y colab., 2016).

2.2. Gestión de la calidad del software.

La gestión de la calidad es una actividad fundamental dentro de cualquier organización. Dicha gestión puede llegar a ser una ventaja competitiva que la fortalezca en el momento de prestar un mejor servicio o de tener un producto que cumpla las exigencias y expectativas del cliente. La gestión de calidad del software se ocupa de garantizar que el software tenga un número menor de defectos y que alcance los estándares requeridos de mantenibilidad, fiabilidad, portabilidad, etcétera. Además, incluye la definición de estándares para procesos y productos, y establecer procesos para comprobar que se siguieron dichos estándares (Sommerville, 2011).

La gestión de la calidad del software tiene una estructura compuesta por tres actividades principales (Pfleeger, 2002):

- a) garantía de calidad: el establecimiento de un marco de trabajo de procedimientos y estándares organizacionales que conduce a software de alta calidad.

- b) planificación de la calidad: la selección de procedimientos y estándares adecuados a partir de este marco de trabajo y la adaptación de éstos para un proyecto de software específico.
- c) control de calidad: la definición y fomento de los procesos que garanticen que los procedimientos y estándares para la calidad del proyecto son seguidos por el equipo de desarrollo de software.

La variedad y complejidad del software aumenta día a día por lo que la organización debe prestarle especial atención a las actividades de aseguramiento de la calidad como un medio para lograr un balance entre la productividad y la calidad (Papa, 2012). Un sistema de aseguramiento de la calidad del software (ACS) incluye seis elementos (Pressman, 2010):

- a) un proceso de ACS;
- b) tareas específicas de aseguramiento y control de la calidad (incluidas revisiones técnicas y una estrategia de pruebas relacionadas entre sí);
- c) prácticas eficaces de ingeniería de software (métodos y herramientas);
- d) control de todos los productos del trabajo de software y de los cambios que sufren;
- e) un procedimiento para garantizar el cumplimiento de los estándares del desarrollo de software (cuando sea aplicable);
- f) mecanismos de medición y reporte.

La adopción de técnicas formales de Gestión de Calidad del Software termina imponiéndose en la industria con la finalidad de realizar software de alta calidad. Estas técnicas de Gestión de Calidad del Software, en conjunto con nuevas tecnologías y avances en las pruebas de software, llevan a progresos significativos en el nivel general de la Calidad de Software. Sin embargo, el camino a recorrer para la evaluación de la calidad de productos software requiere de un proceso constante de mediciones y correcciones, y demanda costos, por lo que debe ser un objetivo sostenido por la organización (Peñalva, 2014).

La mejora de la calidad es posible realizando la medición de los productos y sus características (López y colab., 2016). Las organizaciones que deseen evaluar la calidad en sus proyectos deben contar con estrategias y programas de medición y evaluación que le provean información válida para una toma de decisión más objetiva y robusta. Estas estrategias deben, por un lado, establecer un conjunto de actividades y procedimientos para especificar, recolectar, almacenar y usar correctamente métricas e indicadores, y por el otro, asegurar que las medidas y los valores de los indicadores sean repetibles, consistentes y por ende comparables entre distintos proyectos (Papa, 2012).

Las mediciones pueden ser usadas para monitorear, entender y mejorar el proceso de software, los productos, la utilización de recursos y sus relaciones. Esto le permite a la organización tomar decisiones de forma más inteligente y mejorar con el tiempo. El

establecimiento de programas de medición permite crear una memoria corporativa y responder a una variedad de preguntas asociadas al desarrollo de software; ayuda a la planificación del proyecto; permite determinar las fortalezas y debilidades de los procesos y recursos actuales; provee información relevante para adoptar o refinar técnicas evaluando el impacto de las mismas, evaluar la calidad de los procesos y productos, su funcionalidad y usabilidad (Papa, 2012).

2.3. Las organizaciones inmaduras y la calidad deficiente.

Según (Miguel, 2010), la calidad es un parámetro que permite determinar si las organizaciones que se dedican al desarrollo de software son maduras o inmaduras. Una organización que es caracterizada como “inmadura”, para convertirse en una madura debe seguir una serie de pautas, actividades y normas, lo cual requiere del trabajo colaborativo de todos los involucrados. Para contar con cierto grado de madurez, la calidad debe estar presente en toda la organización y durante todo el ciclo de vida del software, es decir, no se limita a un área en concreto. Bertone y colab. (2010) indican que las organizaciones inmaduras presentan las siguientes características:

- ejecutan procesos de desarrollo de software en forma improvisada;
- si cuentan con procesos de desarrollo especificados, no los siguen rigurosamente;
- son “organizaciones reactivas”, lo que significa que se dedican a resolver las crisis inmediatas, pero no planifican ni resuelven problemas que aparezcan en el largo plazo;
- los planes y presupuestos son excedidos sistemáticamente, al no estar basados en estimaciones realistas.

Las organizaciones inmaduras deben trabajar en corregir estas prácticas erróneas, a fin de producir software de calidad.

Un producto de software con deficiente calidad provocará principalmente desconfianza y malestar en el cliente y/o usuario, traduciéndose esto en costos para la empresa que desarrolló el producto, dado que tendrá que invertir tiempo en retrabajo para solucionar los inconvenientes del software y puede hasta llegar a perder clientes. Además, según el contexto de uso del producto, los riesgos de inconvenientes en el mismo pueden llegar a ser graves e incluso catastróficos (Tello, 2016). Los costos de la implementación de una calidad deficiente se verán reflejados en mayor tiempo y esfuerzo en el retrabajo (Peñalva, 2014).

En este capítulo se analizó la necesidad de las organizaciones de desarrollo de software de contar con procesos para el aseguramiento de la calidad del software. Además, se indicó que lograr un buen nivel de calidad en un producto software, está estrechamente relacionado a mejorar el proceso de desarrollo (la construcción) del software, lo que implica establecer pautas para que la calidad sea incluida en todos los pasos del desarrollo. En el capítulo siguiente se estudiarán los modelos y normas que posibilitan a las organizaciones alcanzar la madurez en sus

procesos de desarrollo, a fin de lograr una mejora continua en la calidad de sus productos de software.

Capítulo 3. Modelos y normas de calidad en el desarrollo de software

A pesar de la gran cantidad de bibliografía y los avances logrados en el área, una organización enfrenta diversos problemas al momento de instaurar un programa de medición y evaluación orientado a la calidad de sus productos de software y procesos de desarrollo, debido a la brecha que existe entre la teoría y la práctica (Papa, 2012).

Para los productos de software, el principal instrumento para garantizar la calidad es contar con un modelo (o plan) de calidad, el cual se basa en normas o estándares genéricos y en procedimientos particulares. Los procedimientos pueden variar en cada organización, pero lo importante es que estén escritos, personalizados, adaptados a los procesos de la organización y que sean cumplidos (Scalone, 2006). Es imposible pensar un producto de calidad proveniente de un proceso pobre o no gestionado (Peñalva, 2014).

Un modelo de calidad puede definirse como el conjunto de factores de calidad (junto con sus relaciones) que proporciona una base tanto para la especificación de requerimientos de calidad como para la evaluación de los componentes software (Blas y colab., 2016). Los Modelos de Calidad son herramientas que guían a las organizaciones a la mejora continua y la competitividad brindando especificaciones sobre qué tipo de requerimientos debe implementarse para poder brindar productos y servicios de alto nivel (Bertone y colab., 2010). Puede decirse, además, que un modelo de calidad es un conjunto de buenas prácticas vinculadas a los procesos de gestión y desarrollo de proyectos, lo cual prescribe una planificación para alcanzar un impacto estratégico, cumpliendo con los objetivos fijados en lo referente a la calidad del producto o servicio (Llaneza y colab., 2013). Además, los modelos y estándares brindan la posibilidad de transformar la calidad en algo concreto, tangible, objetivo (por contraposición de subjetivo), que se puede definir, que se puede medir y que se puede planificar. Dan pautas para implementar programas de mejoras en búsqueda de la calidad a través de procesos que serán definidos por la organización (López y colab., 2016). La aplicación de modelos de calidad favorece a la mejora continua, establece procesos estándares con insumos y resultados medibles, reduce costos y promueve la eficiencia. Las empresas se ven beneficiadas al poder ofrecer a sus clientes productos de mayor calidad y seguridad cumplidos en los tiempos previstos (Llaneza y colab., 2013).

En las últimas décadas, los modelos de calidad de software (MCS) se han convertido en poderosos mecanismos de soporte para la gestión de la calidad (Deissenboeck y colab., 2009). Estos modelos presentan una taxonomía de atributos de calidad junto con un conjunto de relaciones que los vinculan, los cuales pueden ser utilizados como marco de referencia durante la elaboración de la especificación inicial, la evaluación del diseño y el testeado de un sistema de software (Albin, 2003). Sin embargo, al momento de examinar la calidad haciendo uso de una evaluación de atributos, se presenta un gran número de inconvenientes. Dentro de los principales problemas se incluyen: la realización del control de calidad como última etapa del proyecto, el

entendimiento erróneo de la importancia de los atributos de calidad, y la utilización de un lenguaje inadecuado para expresar y especificar la calidad (Blas y colab., 2016). Es por ello que la calidad de un producto de software debe ser evaluada usando un modelo de calidad definido, a usar cuando se establecen los objetivos de calidad del producto (Tello, 2016).

Por otro lado, los estándares de software son importantes para el aseguramiento de la calidad, pues representan una identificación de las “mejores prácticas”. Al desarrollar el software, los estándares proporcionan un cimiento sólido para diseñar software de buena calidad (Sommerville, 2011).

El gran crecimiento de la Industria del Software a nivel global está sustentado, entre otros componentes, por la aplicación de normas, modelos (CMMI, 2010) y estándares vinculados a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tics). Existe una gran cantidad de modelos y de normas pensados para servir de referencia en la organización del área de desarrollo de software de una empresa (Pantaleo, 2011). Es así que, en los últimos 15 años, diferentes organismos relacionados con la industria del software han propuesto diferentes modelos y normas certificables. Los mismos se dividen en dos grandes grupos: los orientados a la calidad del producto, y los orientados a la calidad del proceso.

3.1. Normas de calidad de la ISO/IEC.

La ISO¹ y la IEC² son los principales organismos productores de normas relacionadas con software que cuentan con reconocimiento internacional, mientras que IRAM³ es el único ente nacional con la capacidad de darle reconocimiento nacional a las normas publicadas por ISO o IEC. La ISO, conforma una red de organizaciones nacionales de normalización de 156 países (siendo miembro uno por cada país) y desde su sede central se coordina todo el sistema (Llaneza y colab., 2013).

Existe un conjunto de normas relacionadas a la calidad del software que se pueden clasificar en tres grupos importantes: las normas asociadas a la calidad del producto de software, las normas relacionadas al proceso de desarrollo del software, y las normas relacionadas con la gestión de la organización desarrolladora de software.

3.1.1 Normas ISO/IEC asociadas a la calidad del producto de software

El primer grupo está comprendido por las normas asociadas a la calidad del producto de software. La norma IRAM-ISO/IEC 9126 (ISO/IEC 9126-1, 2001) apareció en 1991, y luego fue posteriormente revisada en el año 2001. Esta norma, fue reemplazada por el conjunto de normas SQuaRE, ISO 25000:2014, la cual desarrolla los mismos conceptos. En 2005, surge la ISO/IEC 25000 (ISO/IEC 25000:2014, 2014-a), también denominada SQuaRE (“Systems and software Quality Requirements and Evaluation”). Esta, es una familia de normas que inició el proceso de

1 ISO - Organización Internacional de Normalización - <https://www.iso.org/>

2 IEC- Comisión Electrotécnica Internacional - <https://www.iec.ch>

3 IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación – <http://www.iram.org.ar>

agrupación de todas las normas relacionadas al producto de software, sustituyendo gradualmente las existentes al momento. La familia ISO 25000 está orientada al producto software, permitiendo definir el modelo de calidad y el proceso a seguir para evaluar dicho producto (Alfonzo y Mariño, 2013). Tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software. Como ya se mencionó, es el resultado de la evolución de otras normas anteriores y se encuentra compuesta por cinco divisiones. La serie SQuaRE define un marco teórico que contextualiza múltiples aspectos de la calidad del software (Fritz y colab., 2017).

Se organiza en cinco apartados dentro de las cuales se ubican las distintas normas que la componen, como muestra la Figura 1. Específicamente, la ISO/IEC 25010 es la nueva versión de la ISO/IEC 9126, y la ISO/IEC 25040 actualiza la ISO/IEC 14598, y además agrega nuevos estándares como la ISO/IEC 25012 “Modelo de calidad de los datos” entre otros. La adopción de normas bajo la denominación de SQuaRE fue revisada por el IRAM, por lo que están vigentes en Argentina (Pesado y colab., 2015).



Figura 1– Norma de Calidad ISO/IEC 25000

A continuación, se explican cada una de las diferentes divisiones de la norma (Tello, 2016):

a) ISO/IEC 2500n – División de Gestión de Calidad: las normas que forman este apartado especifican todos los modelos, términos y definiciones comunes referenciados por todas las otras normas de la familia 25000.

b) ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad: las normas de este apartado presentan modelos de calidad detallados incluyendo características para calidad interna, externa y en uso del producto software.

c) ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad: estas normas incluyen un modelo de referencia de la medición de la calidad del producto, definiciones de medidas de calidad (interna, externa y en uso) y guías prácticas para su aplicación.

d) ISO/IEC 2503n – División de Requerimientos de Calidad: las normas que forman este apartado ayudan a especificar requerimientos de calidad que pueden ser utilizados en el proceso

de elicitación de requerimientos de calidad del producto de software a desarrollar o como entrada del proceso de evaluación.

e) ISO/IEC 2504n – División de Evaluación de Calidad: este apartado incluye normas que proporcionan requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo el proceso de evaluación del producto software.

En particular, el estándar ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010, 2011), cuya versión definitiva fue aprobada en marzo de 2011, define:

- Un modelo de calidad del producto que se compone de ocho características (que se subdividen en subcaracterísticas). Se refieren a propiedades estáticas de software y las propiedades dinámicas del sistema informático. El modelo es aplicable a los productos de software y sistemas informáticos.

- Un modelo de calidad en uso, que se compone de cinco características (algunas de las cuales se subdividen en subcaracterísticas). Se relacionan con el resultado de la interacción cuando un producto se emplea en un contexto particular de uso.

Las características y subcaracterísticas definidas por ambos modelos son relevantes para todos los productos de software y sistemas informáticos. Proporcionan coherencia terminológica para especificar, medir y evaluar la calidad de los mismos. El modelo de calidad de producto abarca cualidades internas y externas del sistema y está compuesto por 8 características y 31 subcaracterísticas mientras que el modelo de calidad en uso se compone de 5 características y 9 subcaracterísticas (Peñalva, 2014).

En la Tabla 1 se ilustra el conjunto de características y subcaracterísticas brindados por dicha norma en cuanto a la Calidad del producto.

Tabla 1. Características y subcaracterísticas de Calidad del producto

Característica	Subcaracterísticas
Adecuación Funcional	Completitud funcional
	Corrección funcional
	Pertinencia funcional
Eficiencia de desempeño	Capacidad
	Comportamiento temporal
	Utilización de recursos
Compatibilidad	Coexistencia
	Interoperabilidad
Usabilidad	Accesibilidad
	Facilidad de Aprendizaje
	Estética de interfaz de usuario
	Inteligibilidad
	Operabilidad
Confiabilidad	Protección frente a errores de usuario
	Capacidad de recuperación
	Disponibilidad

Seguridad	Madurez
	Tolerancia a fallos
	Autenticidad
	Confidencialidad
	Integridad
	No repudio
	Responsabilidad
Mantenibilidad	Capacidad de ser analizado
	Capacidad de ser modificado
	Capacidad de ser probado
	Modularidad
	Reusabilidad
Portabilidad	Adaptabilidad
	Capacidad de ser reemplazado
	Facilidad de instalación

En la Tabla 2 se ilustra el conjunto de características y subcaracterísticas brindados por la norma en cuanto a la Calidad en uso.

Tabla 2. Características y subcaracterísticas de Calidad en uso

Característica	Subcaracterísticas
Efectividad	Efectividad
Eficiencia	Eficiencia
Satisfacción	Utilidad
	Confianza
	Placer
	Confort
Mitigación de riesgos	Mitigación de riesgo económico
	Mitigación de riesgo para la salud
	Mitigación de riesgos ambientales
Cobertura de contexto	Compleitud del contexto
	Flexibilidad

3.1.2 Normas ISO/IEC asociadas al proceso de desarrollo del software

El segundo grupo de normas, son las relacionadas al proceso de desarrollo del software, entre las que se encuentran la IRAM-ISO/IEC 12207 (ISO/IEC/IEEE 12207, 2017) que define el proceso del ciclo de vida del software, establece un marco común para los procesos de ciclo de vida del software, desde un punto de vista global, agrupa además los procesos relacionados con el contexto en el que se desarrolla el sistema y los procesos específicos del software. Como contrapartida al modelo propuesto por esta norma, tenemos la IRAM-ISO/IEC 15504 - Evaluación de procesos (ISO/IEC 15504-1, 2004). En la misma se define un marco de evaluación para los procesos de desarrollo del software, estableciendo dos tipos de evaluaciones, por niveles de capacidad y por niveles de madurez (Pesado y colab., 2015).

Dentro de este grupo podemos incluir las directrices que establece la IRAM-ISO/IEC 90003 (ISO/IEC 90003:2000, 2000) para la certificación de los procesos de software bajo la norma IRAM-ISO 9001 (IRAM-ISO 9001:2008, 2008). Al haberse realizado una actualización de la norma IRAM-ISO 9001 en el año 2015, se produjo la necesidad de adaptar las directrices brindadas por IRAM-ISO/IEC 90003:2006 a la nueva versión de la norma. La versión más actual de la norma es la ISO/IEC/IEEE 90003:2018, que constituye una guía para la aplicación de la norma ISO 9001:2015 (ISO ORG, 2015) en el desarrollo, implementación y mantenimiento de software, en organizaciones que desarrollen software (Burdino y colab., 2019), lo que se puede encontrar con más detalle en el tercer grupo.

3.1.3. Normas ISO/IEC relacionadas con la gestión de la organización desarrolladora de software

El tercer grupo está constituido por las normas relacionadas con la gestión de la organización desarrolladora de software, donde se destaca la norma IRAM-ISO 9001 cuyo objetivo principal es la conformidad del producto o servicio prestado, aumentando la satisfacción del cliente y mejora de la eficacia del sistema (ISO 9001:2015, 2015).

El estándar ISO 9001 no es en sí mismo un estándar para el desarrollo de software, sino un marco para elaborar estándares de software. Establece principios de calidad total, describe en general el proceso de calidad, y explica los estándares y procedimientos organizacionales que deben determinarse. Éstos tienen que documentarse en un manual de calidad de la organización (Sommerville, 2011).

La norma ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, 2015) se basa en un conjunto de principios establecidos para la correcta implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en una organización que produce productos u ofrece servicios. Los principios se desarrollan en diez capítulos normativos, los cuales establecen comportamientos o conductas esperables de una organización, las cuales permitirán satisfacer al cliente, entregando productos y/o servicios de calidad. La implementación de la norma permite entregar productos y servicios que respeten los requisitos establecidos por el cliente, logrando la satisfacción del mismo. Además, permite gestionar riesgos e identificar oportunidades y captar nuevos mercados (ISO 9001:2015, 2015).

La norma ISO/IEC/IEEE 90003:2018 (ISO/IEC 90003:2018, 2018-b), es una guía para la aplicación de la norma ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, 2015) en el desarrollo, implementación y mantenimiento de software, en organizaciones que desarrollen software. Esta es una guía que puede ser utilizada por las organizaciones que desarrollan productos y servicios de software y pretenden certificar ISO 9001. La misma provee información sobre prácticas para implementar los puntos normativos en la industria del software, utilizando lenguaje específico del desarrollo del software. Sin embargo, la guía no especifica cómo estas prácticas deben implementarse, ya que encontrar la manera adecuada de realizarlo es trabajo de la organización.

La norma ISO 9001 se puede aplicar para software que es parte de un contrato comercial con otra organización, un producto disponible para un sector de mercado, un producto utilizado

para respaldar los procesos de una organización, un producto integrado en un producto de hardware o relacionado con servicios de software. Algunas organizaciones pueden participar en todas las actividades anteriores; otros pueden especializarse en un área. Cualquiera sea la situación, el sistema de gestión de la calidad de la organización debería cubrir todos los aspectos (relacionados con el software y no relacionados con el software) del negocio. En el documento de la norma se identifican los problemas que deben abordarse y es independiente de la tecnología, los modelos de ciclo de vida, los procesos de desarrollo, la secuencia de actividades y la estructura organizativa utilizada por una organización (ISO/IEC 90003:2018, 2018-a).

Cabe aclarar que la guía se basa en las metodologías de desarrollo de software tradicionales, no brindan información respecto a las prácticas ágiles de SCRUM, Kanban o Lean (Burdino y colab., 2019).

3.2. El Modelo CMMI

El Modelo CMMI (CMMI, 2002) está avalado por el SEI⁴ (Software Engineering Institute) y la Carnegie Mellon University⁵. CMMI (Capability Maturity Model Integration ó Modelo de Madurez de Capacidades de Integración) es un modelo de madurez de mejora de los procesos para el desarrollo de productos y de servicios. Está orientado a la calidad del proceso. Abarca un conjunto de las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y de mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción a la entrega y el mantenimiento (Llaneza y colab., 2013; Soza Zitto y colab., 2013).

Es una colección de buenas prácticas que son generalmente realizadas por las empresas de desarrollo de software. Proporciona a las organizaciones los elementos esenciales para alcanzar procesos eficaces y constituye un marco de referencia de la capacidad de las organizaciones de desarrollo de software en el desempeño de sus diferentes procesos, proporcionando una base para la evaluación de la madurez de las mismas y una guía para implementar una estrategia para la mejora continua de los mismos (Soza Zitto y colab., 2013).

El modelo provee además de un conjunto de prácticas reconocidas por la industria para la productividad, desempeño, costo y satisfacción del cliente en los procesos de ingeniería de sistemas y procesos de desarrollo de software. Su objetivo es el logro de procesos óptimos y repetibles en el desarrollo de software. Este modelo ayuda a separar funciones organizacionales, establecer metas de mejora, así como sus prioridades, proveer una guía para un proceso de calidad y proveer un punto de referencia para evaluar dichos procesos (Soza Zitto y colab., 2013).

CMMI sirve para mejorar procesos, prescribe qué deben hacer los procesos para entregar productos y servicios de calidad pero no especifica cómo, quien lo define, es la metodología de desarrollo implantada en la organización (Miguel, 2010). Sin embargo, cada organización puede

⁴ Instituto de Ingeniería de Software - <https://www.sei.cmu.edu/>

⁵ Universidad Carnegie Mellon - <https://www.cmu.edu/>

establecer su propio camino para lograrlo. Una de las dificultades del modelo es adaptar CMMI a la propia cultura organizacional (Soza Zitto y colab., 2013).

CMMI es un modelo de capacidad y madurez. Posee dos vistas que permiten un enfoque diferente según las necesidades de quien vaya a implementarlo: una estructurada en cinco niveles de madurez y otra en seis de capacidad (Pantaleo, 2011).

La madurez de un proceso software es el grado en el cual un proceso específico es efectivo, definido, gestionado, medido y controlado. La madurez supone un potencial en crecimiento en cuanto a capacidad e indica la riqueza de los procesos de una organización y la consistencia con la cuál éstos son aplicados en los proyectos (Soza Zitto y colab., 2013). Los niveles de madurez indican cómo se desempeña una organización en base a la capacidad y madurez en un conjunto de áreas de proceso. El nivel de madurez uno (ML 1) indica que los procesos no se realizan, lo que significa que los proyectos se desarrollan de manera impredecible y descontrolada. Los niveles de madurez aumentan hasta el nivel de madurez cinco (ML 5), en el que los proyectos se desarrollan de una forma cuantitativa, definida para la organización y mejorando continuamente (Pantaleo, 2011).

Un nivel de madurez es una meseta evolutiva definida para la mejora de procesos de la organización. Cada nivel de madurez madura un subconjunto importante de procesos de la organización, preparándola para pasar al siguiente nivel de madurez. Los niveles de madurez se miden mediante el logro de metas específicas y genéricas asociadas a cada conjunto predefinido de áreas de proceso. Un “área de proceso” es un conjunto de mejores prácticas relacionadas a un área, que cuando se implementan colectivamente satisfacen un conjunto de objetivos considerados importantes para lograr una mejora significativa en esa área (Llaneza y colab., 2013).

Según este modelo la organización no puede alcanzar el siguiente nivel de madurez hasta que no haya alcanzado el nivel previo. Una organización alcanza un nivel de madurez determinado cuando ha puesto en práctica todas y cada una de las áreas de proceso aplicables a ese nivel y a los niveles inferiores (Soza Zitto y colab., 2013).

Existen cinco niveles de madurez, siendo cada uno de ellos una capa en la cimentación de la mejora de procesos en curso, denominados por los números 1 a 5 (Llaneza y colab., 2013):

1. inicial.
2. gestionado.
3. definido.
4. gestionado cuantitativamente.
5. en optimización.

A grandes rasgos, estas son las características de cada nivel (CMMI, 2002):

- nivel 1: en este nivel se encuentra la mayoría de las organizaciones. Los procesos son impredecibles, pobremente controlados y reactivos.

- nivel 2: las áreas de proceso de este nivel están orientadas a la gestión. Los procesos son definidos, documentados, utilizados y medidos.
- nivel 3: en este nivel los procesos se encuentran estandarizados y documentados a nivel organizacional. Las áreas de proceso que se incorporan están orientadas a la ingeniería.
- nivel 4: en este nivel los procesos son predecibles, medibles y controlables. La calidad y productividad son predecibles cuantitativamente.
- nivel 5: las organizaciones que se encuentran en este nivel ponen foco en el mejoramiento continuo de sus procesos.

La Tabla 3 compara los seis niveles de capacidad con los cinco niveles de madurez. Los nombres de cuatro de los niveles son los mismos en ambas representaciones. Las diferencias son que no existe nivel de madurez 0 para la representación por etapas, y en el nivel 1, el nivel de capacidad es Realizado, mientras que el nivel de madurez es Inicial (Miguel, 2010).

Tabla 3: Correspondencia entre niveles de capacidad y de madurez

Nivel	Nivel de capacidad	Nivel de madurez
Nivel 0	Incompleto	N/A
Nivel 1	Realizado	Inicial
Nivel 2	Gestionado	Gestionado
Nivel 3	Definido	Definido
Nivel 4	Gestionado cuantitativamente	Gestionado cuantitativamente
Nivel 5	En optimización	En optimización

La capacidad de un proceso software describe el rango de resultados esperados que se pueden obtener mediante la implementación del proceso software y proporciona además un medio para predecir los resultados más probables que se pueden esperar en proyectos que tengan similares características (Soza Zitto y colab., 2013). Los niveles de capacidad indican qué tan bien se desempeña la organización en un área de proceso individual. El nivel de capacidad de cero (CL 0) indica que los procesos no se realizan, lo que significa que uno o más de los objetivos específicos del área de proceso no se cumplen. Los niveles de capacidad aumentan hasta el nivel de capacidad cinco (CL5), donde el proceso se realiza bien y se está mejorando continuamente (Pantaleo, 2011).

Las empresas que han implementado el modelo (CMMI) obtienen una serie de beneficios concretos (Comisión Calidad CESSI, 2006):

- la improvisación queda a un lado. El proceso de desarrollo y mantenimiento del software está definido e implementado, por lo que se actúa inteligente y proactivamente. Lo mismo sucede con el Gerenciamiento del Proyecto. Esta "inteligencia" se logra con las "personas", quienes, apoyándose en los "procesos" aportan su "criterio" y "creatividad" para el logro de los objetivos.

- mejora el "conocimiento sobre la organización", los procesos se retroalimentan y se nutren con las experiencias de los proyectos implementados.

La ola de evaluaciones CMMI llegó al mercado de desarrollo de software argentino de la mano de la llamada “Ley del software”, la cual otorgaba exenciones impositivas a las empresas que cumplían con una serie de requisitos (Pantaleo, 2011).

En Argentina, el modelo CMMI ha sido implementado tanto por grandes empresas como por PYMES, y en ambos casos, hay experiencias y resultados beneficiosos. A su vez, en estadísticas internacionales, se ve claramente una proporción de PYMES en aumento, en relación al total de empresas evaluadas (Comisión Calidad CESSI, 2006).

3.3. Certificaciones de calidad en las PYMES

Según algunos investigadores (Llaneza y colab., 2013) reportan, las pequeñas y medianas empresas de software buscan progresar, y para eso, ven como opción transitar el camino hacia una certificación con la convicción de que la mejora de sus procesos y metodologías de trabajo son un camino directo y seguro hacia el éxito comercial futuro.

En un contexto donde el número de empresas va en aumento, una posible forma de destacarse en el mercado es apostar por una mejora en los niveles de calidad. Esta manera de destacarse se hace aún más atractiva por la existencia de mejoras en la competitividad que dependen de haber certificado las mejoras de nivel de calidad (Ruiz de Mendarozqueta y Oliva, 2016).

López y colab. (2016) expresan que en nuestro país la industria del software se encuentra en auge, con una fuerte demanda y en constante crecimiento, y que existen empresas de diferentes portes hasta pequeños emprendimientos con grandes oportunidades a nivel regional y exterior, cuyas puertas a la exportación están abiertas para aquellas que cuentan con alguna certificación que asegure la calidad de sus productos. Sin embargo, los últimos informes publicados por la OPSSI (OPSSI, 2018) no reflejan directamente esa afirmación, ya que se observa que el nivel de exportaciones de las empresas no depende de contar con certificaciones de calidad. Según el reporte del OPSSI (OPSSI, 2018), al evaluar las certificaciones de calidad que poseen las empresas del sector, se puede constatar que al menos un 64% de las empresas manifestó tener algún tipo de certificación a diciembre de 2018 (el 60% del total tenía al menos ISO 9001). Las certificaciones en los últimos años se han centrado en la aplicación de dos normas internacionales: el Modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration for Development-CMMI-DEV), y la Norma Internacional ISO 9001.

Cabe aclarar que la muestra considerada por el reporte del OPSSI mencionado, no es totalmente representativa ya que del relevamiento que realiza dicho observatorio participan principalmente las empresas socias de la CESSI (Cámara de la Industria Argentina del Software), la mayoría de las cuales está adherida a la Ley de Economía del Conocimiento (Boletín Oficial, 2020). Es de estimar, entonces, que el porcentaje de empresas en el país que

poseen certificaciones de calidad disminuye considerablemente, considerando que gran parte de ellas son pequeñas y medianas empresas.

Sin embargo, no deja de ser cierto que la obtención de una certificación de calidad es la demostración objetiva de conformidad con normas de calidad, seguridad, eficiencia, desempeño, gestión de las organizaciones y buenas prácticas de manufactura y comerciales. Una certificación contribuye al desarrollo tecnológico de una organización, genera un mejor posicionamiento, y facilita la apertura de nuevos mercados. En cierta manera, se puede afirmar que es la puerta de entrada a la Mejora Continua y la Competitividad (Soza Zitto y colab., 2013).

Existe una distinción en el uso de estos términos entre las Normas ISO y el Modelo CMMI. La implementación de ISO 9001 culmina con un proceso que se denomina “certificación” y la implementación de CMMI requiere que se desarrolle un proceso denominado “evaluación” para conseguir un nivel de madurez. De este modo, la Norma ISO se “certifica” y el modelo CMMI se “evalúa”. Es común que se denomine a estos procesos en ambos casos como “certificación”, aunque algunas personas son más estrictas en el uso de estos términos (Comisión Calidad CESSI, 2006).

3.4. Otros modelos de calidad aplicables a PYMES desarrolladoras de software

Las pequeñas y medianas empresas de software (PYMES) constituyen un porcentaje importante en el sector informático del país. Según Fernández (2017), por sus características particulares, algunas PYMES tienen dificultades para acceder a mecanismos de certificación de calidad. Por este motivo, algunos autores han propuesto modelos de calidad adecuados a sus características y envergadura, teniendo presente que las principales limitaciones de las PYMES son la necesidad de una fuerte inversión de dinero, tiempo y recursos humanos, y considerando que la industria del software en el mundo está compuesta principalmente de este tipo de empresas (Fernández, 2017).

Dentro del ámbito iberoamericano se desarrollaron diferentes modelos orientados a este fin, dentro de los cuales se puede mencionar el modelo MoProSoft⁶ en México, el proyecto MPS Br en Brasil, el modelo Agile SPRL en Colombia y el modelo COMPETISOFT en Iberoamérica (Llaneza y colab., 2013; Fernández, 2017). En algunos países iberoamericanos se está intentando abordar este problema, aunque de forma aislada, con algunas iniciativas dignas de destacar como el modelo MoProSoft de México, el modelo MR MPS de Brasil o el modelo SIMEP-SW de Colombia, incluso la metodología Métrica V.3 propuesta por el Ministerio de Administración Pública de España (Alonso e Iglesias, 2007).

En Latinoamérica, el modelo MoproSoft fue propuesto con el objetivo de adaptarse a la realidad de las empresas constructoras de software de la región. Las mismas, en general, tienen características diferenciadas con las empresas de los países desarrollados, básicamente en tres

⁶ MoProSoft - Modelo de Procesos para la Industria del Software - <https://es.wikipedia.org/wiki/Moprosoft>

grandes aspectos: volumen de negocios de la organización, cantidad de personal involucrado en el proceso software y costos económicos asociados. Los impulsores de este modelo (Pasini y colab., 2008) consideran que la implantación de modelos como CMMI o la norma ISO 9000 resulta demasiado onerosa y complicada para la organización, sobre todo cuando se trata de pequeñas y medianas empresas desarrolladoras de software.

El proyecto COMPETISOFT, desarrollado en el marco del Programa CyTED⁷, ha generado un Modelo de Referencia de Procesos y un Modelo de Mejora de Procesos adaptado a las necesidades de calidad de las PYMES iberoamericanas, generando un modelo adaptable, comprensible y de costos accesibles en su implementación (Mon y colab., 2009). El modelo proporciona un esquema basado en las mejores prácticas internacionales, fácil de aplicar y accesible en costos, con el objetivo de que su adopción constituya la base para que la empresa logre evaluaciones exitosas con otros modelos o normas de calidad. También busca proporcionar a la industria de software iberoamericana, que en su gran mayoría es pequeña y mediana, un modelo basado en las mejores prácticas internacionales. Las principales características que la distinguen son su facilidad para entenderlo, su facilidad de aplicación, que no es costoso en su adopción (aspecto importante cuando se habla de PYMES) y quizás la más importante es que es la base para alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos o normas, como ser ISO 9000 o CMM (Fernández, 2017).

COMPETISOFT está dirigido a las empresas o áreas internas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software. Las organizaciones, que no cuenten con los procesos establecidos, pueden usar el modelo ajustándolo de acuerdo a sus necesidades. Mientras que las organizaciones, que ya tienen procesos establecidos, pueden usarlo como punto de referencia para identificar los elementos que les hace falta cubrir. Está enfocado en procesos y considera los tres niveles básicos de la estructura de una organización que son: la Alta Dirección, Gestión y Operación y pretende apoyar a las organizaciones en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua. Además, el modelo tiene como propósito que el proceso de mejora quede funcionando en la organización para promover la mejora continua de procesos (Llaneza y colab., 2013; Fernández, 2017; Mon y colab., 2009). El proyecto COMPETISOFT plantea soluciones al aseguramiento de calidad de procesos y productos, contemplando las posibilidades de las empresas pequeñas y medianas, con plantillas de empleados reducidas (Pasini y colab., 2008). En la Figura 2 podemos observar la estructura del citado modelo (Alonso e Iglesias, 2007).

⁷ CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - <http://www.cytmed.org/>

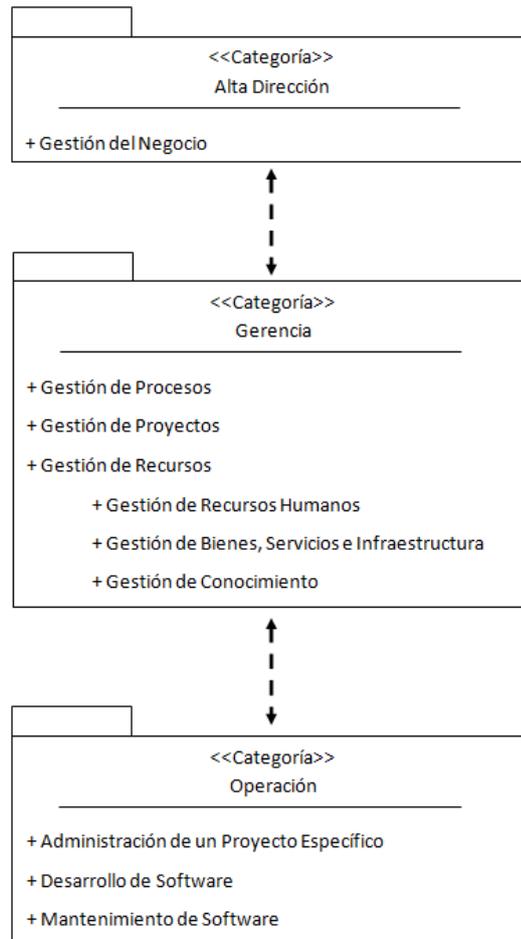


Figura 2 – Estructura del modelo Competisoft.

A pesar de las diversas propuestas de modelos de referencia más sencillos para la implementación de calidad en PYMES, no se han publicado reportes que respalden o evidencien el éxito en la adopción de tales modelos. Por lo contrario, numerosos autores han publicado reportes de experiencias positivas en la implementación de CMMI o ISO 9001 en las cuales las PYMES emplean las herramientas e infraestructura con que ya contaban sin necesidad de mayores inversiones (Soares y colab., 2015; Ruiz de Mendarozqueta y Oliva, 2016; Suárez y colab., 2019; López García y colab, 2019).

3.5. Las metodologías ágiles y desafíos en relación a calidad.

A lo largo del tiempo en la ingeniería del software se han sucedido una gran cantidad de metodologías y técnicas de desarrollo software (Boehm, 2006). En los últimos años estamos viviendo cambios en la cultura de las empresas en cuanto a las metodologías de trabajo empleadas, modelos organizativos, gestión de proyectos y demás. En especial, las empresas que desarrollan software están apostando por nuevos modelos de trabajo (como Agile y DevOps) que les permitan ganar flexibilidad, agilidad y un ahorro de tiempo a la hora de lanzar sus productos al mercado (Grupo CONSITI, 2019).

Las propuestas más tradicionales de construcción de software, se centran especialmente en una rigurosa definición de roles, de las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir, y las herramientas y notaciones que se usarán. Sin embargo, este enfoque no resulta ser el más adecuado para muchos de los proyectos actuales, donde el entorno del sistema es muy cambiante y en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo, pero manteniendo una alta calidad (Rujana y colab., 2016).

Las metodologías ágiles nacen como una alternativa a las metodologías denominadas tradicionales para el desarrollo de software. Como ya se mencionó, las metodologías tradicionales se basan en procesos predefinidos con una documentación exhaustiva y muy precisa del proyecto, y una detallada planificación que debe seguirse estrictamente, ambos definidos en la fase inicial del proyecto. Estas características causan un alto costo de implementación de cambios, por lo cual no resulta flexible en aquellos proyectos en los cuales el entorno es volátil y los requerimientos cambian constantemente (Martinez y colab., 2012).

Por el contrario, las metodologías ágiles buscan adaptarse a la realidad del entorno cambiante del desarrollo de software. Se basan principalmente en una planificación adaptativa (en lugar de predictiva) retrasando las decisiones y permitiendo potenciar aún más el desarrollo de software a gran escala; hacen foco en lo humano, dándole mayor valor al individuo y a la colaboración con el cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas (Abrahamsson y colab., 2002). Además, las metodologías ágiles, persiguen principios como la entrega incremental de funcionalidad nueva al cliente, priorizándola según el valor de negocio que agrega (de esta forma el producto de software evoluciona en las diferentes entregas), mejora continua y el énfasis en la colaboración cercana entre el equipo de programadores y los expertos del negocio. Las metodologías ágiles representan una alternativa muy utilizada en la actualidad para el proceso de desarrollo de sistemas de software que hace hincapié en la relación con el cliente y en el desarrollo incremental del producto.

En lo que respecta a nuestro país, desde 2002 se observa un sostenido crecimiento de la industria del software y en paralelo a ese crecimiento, se advierte que las organizaciones fueron introduciendo prácticas ágiles con lo que han cambiado los procesos y también los paradigmas en que se basan los procesos de desarrollo de los mismos (Ruiz de Mendarozqueta y Andriano, 2014). Actualmente las metodologías o técnicas ágiles, como SCRUM, KANBAN, son ampliamente utilizadas en las empresas de desarrollo software y las áreas de sistemas (Dapozo y colab., 2015).

La decisión acerca de si se usa un enfoque de desarrollo ágil o uno basado en un plan depende del tipo de software que se va a elaborar, las capacidades del equipo de desarrollo y la cultura de la compañía que diseña el sistema (Sommerville, 2011).

3.5.1. Valores y principios

Los métodos ágiles de desarrollo software han crecido enormemente en popularidad desde la firma del manifiesto ágil en 2001 (Beck, 2001). Se basan en valores y principios que están

expresados en el mismo: “estamos descubriendo mejores formas de desarrollar software, tanto por nuestra propia experiencia, como ayudando a terceros y a través de este trabajo hemos aprendido a valorar:

- individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- software funcionando sobre documentación extensiva.
- colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- respuesta ante el cambio sobre seguir un plan.

Aunque hay valor en los elementos de la derecha, se valoran más los de la izquierda.

Los principios expresados en el Manifiesto Ágil son los siguientes (Burdino y colab., 2019):

- satisfacción del cliente, mediante entregas tempranas y continuas.
- aceptación de cambios en los requisitos.
- entregas de software funcional en el período más corto posible.
- equipo de desarrollo, trabajando junto a los responsables de negocio.
- equipo motivado, trabajando en un entorno adecuado.
- comunicación constante y fluida en el equipo de proyecto.
- software funcionando.
- desarrollo sostenible.
- excelencia técnica y buen diseño.
- simplicidad.
- auto organización del equipo.
- reflexiones del equipo para ser más efectivo.

SCRUM es una de las metodologías ágiles más utilizadas. SCRUM es un framework de trabajo, que permite a las organizaciones implementar mejor gestión en sus proyectos de desarrollo de software, como así también incluir prácticas, técnicas y procesos que la organización considere importantes para entregar un producto a tiempo y de calidad a sus clientes (Burdino y colab., 2019). Establece prácticas, las cuales son llevadas a cabo por sus distintos roles: el Propietario del producto (Product Owner), SCRUM Master y el equipo de desarrollo (Team Development); los cuales, ejecutando ciertas actividades (planificación del Sprint, reunión diaria, ejecución del Sprint, revisión del Sprint, reunión retrospectiva y refinamiento del backlog) en un lapso de entre 2 a 4 semanas obtienen un producto de calidad y funcionando (Burdino y colab., 2019). Este framework es utilizado para entregar productos al

cliente con mayor valor agregado, calidad, bajos costos, otorgando transparencia en la gestión y el desarrollo de los mismos tanto para el cliente como para el equipo y los altos mandos de la organización (Burdino y colab., 2019).

Según la encuesta desarrollada por la SCRUM ALLIANCE⁸, en organizaciones de diversos países del mundo, SCRUM es el framework que tanto solo como en combinación con otros modelos es el más utilizado en las organizaciones a nivel mundial. El 16% de las organizaciones encuestadas utiliza solo SCRUM y el 78% utiliza SCRUM combinándolo con otros modelos como KANBAN, Cascada o Lean (Burdino y colab., 2019).

3.5.2. Las metodologías ágiles y los modelos de calidad

Hoy en día los organismos internacionales dedicados a normar las pautas de calidad para aplicar en el desarrollo de software, contemplan las metodologías ágiles (Soza Zitto y colab., 2014). A medida que las organizaciones adoptan metodologías ágiles, aparecen nuevos retos cuando esas mismas organizaciones desean certificar la calidad de sus procesos (Ruiz de Mendarozqueta y Oliva, 2016).

La filosofía ágil es clave para la implementación de los sistemas de gestión y para la definición de los procesos para toda la organización. Al obtenerse resultados en sucesivos ciclos o Sprints, la mejora y los modelos de calidad son percibidos tal como fueron concebidos originalmente (Ruiz de Mendarozqueta y Andriano, 2014).

Muchas veces las empresas en forma inconsciente al aplicar determinadas prácticas, tales como las de SCRUM obtienen niveles de calidad a bajo costo, pero es importante destacar que asegurar y reproducir calidad de forma fiable requiere de procesos bien definidos cuya aplicabilidad posterior debe, además, quedar garantizada. Es necesario tener en cuenta no solo el qué se hace sino también el cómo se hace, para poder mejorar el rendimiento general y para lograr lo anterior SCRUM es un marco de trabajo adecuado (Soza Zitto y colab., 2014).

Diferentes estudios concluyen en que es totalmente factible usar métodos ágiles y modelos de calidad, así como también es posible trasladar los principios y métodos ágiles a otras áreas de las organizaciones (Ruiz de Mendarozqueta y Andriano, 2014). Estos estudios indican que el hecho de realizar una correcta aplicación de las metodologías ágiles es compatible con los requerimientos de una certificación ISO sin que sea necesario realizar modificaciones significativas, ya que hay correlaciones claras entre los principios ágiles y los requisitos de la ISO (Ruiz de Mendarozqueta y Oliva, 2016). En esta dirección también ha sido propuesto un modelo inicial (Pinto y colab., 2016) para evaluar la calidad de procesos de desarrollo ágiles, denominado QuAM (Quality Agile Model), contemplando dos perspectivas: Proceso y Producto.

Un estudio reciente (Arcos-Medina y Mauricio, 2020) se llevó adelante para determinar la influencia de las prácticas ágiles en la calidad del software. En ese trabajo se propuso un modelo

⁸ ScrumAlliance - www.scrumalliance.org

conceptual para identificar las prácticas que influyen en las características de calidad del proceso de desarrollo de software mediante la aplicación de metodologías ágiles. El modelo propuesto consta de cuatro categorías de prácticas ágiles, ocho características de calidad basadas en la norma ISO / IEC 25010 y 13 relaciones entre prácticas ágiles y características de calidad. Las cuatro categorías de prácticas ágiles que se incluyeron son trabajo en equipo, gestión de proyectos, ingeniería y pruebas. El modelo fue validado mediante encuestas administradas a 146 personas que implementan metodologías ágiles en el proceso de desarrollo de software. Se reporta como resultado que la aplicación de prácticas ágiles de ingeniería y gestión de proyectos tiene una influencia positiva significativa en varios atributos de calidad del software como adecuación funcional, confiabilidad, usabilidad y eficiencia de desempeño. Por otro lado, las prácticas de gestión de proyectos tienen un bajo impacto en las características de calidad de compatibilidad, portabilidad, seguridad y usabilidad.

En este capítulo se estudiaron las diferentes normas y modelos de calidad: ISO, CMMI y Competisoft así como también las metodologías ágiles y sus desafíos en relación a calidad. En el próximo capítulo se estudiará la situación general de las empresas de desarrollo de software en Argentina, y luego se explicará la metodología utilizada para llevar adelante una encuesta realizada a empresas de desarrollo de software en la ciudad de Santa Fe. Este estudio nos permitirá conocer cómo enfrentan las empresas santafesinas los desafíos de aplicar la calidad en sus procesos de desarrollo de software.

Capítulo 4. Diseño de la encuesta sobre calidad a empresas de la ciudad de Santa Fe

En este capítulo se describe brevemente la situación general de las empresas de desarrollo de software en Argentina, haciendo hincapié en las políticas públicas que incentivan a estas empresas a implementar modelos de calidad en software.

Posteriormente, se va a explicar la metodología que se utilizó para el desarrollo de una encuesta orientada a conocer la situación de las empresas de la ciudad de Santa Fe en lo que respecta a la implementación de modelos de calidad y su adherencia a estándares y normas de calidad.

4.1. Sobre las empresas argentinas de software.

En el estudio realizado sobre tópicos de calidad en empresas argentinas de software en el marco de la Comisión de Calidad de CESSI⁹ (Genjo y Cuomo, 2017), se pretendió lograr un conocimiento sobre las áreas de calidad dentro de las empresas del sector de software y servicios informáticos (SSI), en particular:

- conocer cuáles actividades de calidad realizan;
- analizar cuáles son los principales inconvenientes a la hora de implementar actividades de control y aseguramiento de calidad;
- indagar cuáles normativas de calidad aplican;
- generar recomendaciones para el sector.

Y en ese sentido, estas son parte de las conclusiones que se obtuvieron:

- más de las tres cuartas partes de las empresas encuestadas informó que destina RR.HH. a actividades de calidad y mejora continua y la mitad de ellas tienen un área de calidad conformada.

- mayormente los RR.HH. destinados a calidad y mejora continua son compartidos con otras funciones. Aquellas empresas que destinan RR.HH. exclusivamente a calidad y mejora continua tienen una antigüedad de más de 5 años.

- aproximadamente un 70% de las empresas encuestadas indicó que exporta sus productos de software y el 60% de ellas se encuentra adherido a la Ley de Promoción del Software (LPS). A su vez, más de la mitad de las empresas adheridas a la LPS, tienen un área de calidad conformada.

A partir del año 2002, en la Argentina, las políticas públicas se orientaron a la promoción de la industria del software a lo largo y ancho del territorio (Dapozo y colab., 2015). Nuestro

⁹ CESSI - Cámara de Empresas de Software y Servicios informáticos - <https://www.cessi.org.ar/>.

país contaba con la Ley de Promoción de la Industria del Software (Ley N° 25.922, sancionada en 2004, y luego prorrogada en 2014, cuya vigencia finalizó el 31 de diciembre de 2019), la cual especificaba que aquellas empresas productoras de software que quisieran acceder a los beneficios que otorgaba esta ley, debían disponer de algún tipo de certificación, en cuanto al producto o proceso de software, hacer investigación y desarrollo o exportar (Bertone y colab., 2010; Alfonzo y Mariño, 2013).

A partir del 1/01/2020 entró en vigencia la Ley de Promoción de la Economía del Conocimiento N° 27506, sancionada el 22 de mayo de 2019 y publicada el 10 de junio del mismo año, creó el “Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento”. Esta ley, considerada como una “evolución” de la Ley N° 25922 descrita en el párrafo anterior, proponía que no sólo las empresas desarrolladoras de software podrían acceder a sus beneficios sino también aquellas que hicieran producción y posproducción audiovisual, biotecnología, bioeconomía, bioinformática y neurotecnología, servicios geológicos y de prospección, servicios relacionados con la electrónica y las comunicaciones, servicios profesionales en la medida que sean de exportación, inteligencia artificial y robótica, entre otras. Su objetivo fue promocionar actividades económicas que apliquen el uso del conocimiento y la digitalización de la información apoyado en los avances de la ciencia y de las tecnologías, a la obtención de bienes, prestación de servicios y/o mejoras de procesos. Posteriormente nuevas normativas respecto del alcance e implementación provocaron la suspensión de la aplicación de este Régimen, por lo que en lo sucesivo se trabajó con el objetivo de obtener una nueva reglamentación.

El 8 de octubre de 2020 la Cámara de Diputados de la Nación, sancionó la Ley N° 27.570 de Economía del Conocimiento, la que fue promulgada por el Gobierno Nacional a través del Decreto 818/2020. La normativa busca alentar la generación de nuevos emprendimientos o mejoras de los servicios que brindan estas empresas de tecnología, con la promoción de beneficios fiscales que se otorgarán en forma segmentada. De acuerdo con lo establecido por la ley, el régimen de promoción estará vigente desde el 1 de enero del 2020 hasta el 31 de diciembre de 2029. Las actividades comprendidas son la industria del software; la producción audiovisual en formato digital; la biotecnología, bioinformática e ingeniería genética; nanotecnología y nanociencia; industria aeroespacial y satelital; e ingeniería para la industria nuclear. Los beneficiarios deberán acreditar la realización de mejoras continuas en la calidad de sus servicios, productos y/o procesos, o mediante una norma de calidad reconocidas aplicable a sus servicios, productos y/o procesos, invertir en la capacitación de sus empleados, a su vez realizar exportaciones de bienes de las actividades promovidas (Telam, 2020; Boletín Oficial, 2020).

Es importante destacar que la industria del software argentina se encuentra en un período de expansión de más de una década, con una creciente participación en el PBI y en el mercado laboral (Ruiz de Mendarozqueta y Oliva, 2016). Entre 2007 y 2016 el número de empresas creció un 37%. A su vez un 64% de las empresas manifestó tener algún tipo de certificación a diciembre de 2018 (el 60% había certificado al menos ISO 9001) (OPSSI, 2018).

4.2. Metodología para el desarrollo de una encuesta a empresas

Para conocer la situación de las empresas en Santa Fe se llevó a cabo un estudio de carácter descriptivo que “busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que esté sometido al análisis” (Hernández Sampieri y colab., 2003; Kitchenham y colab., 2002-a). Con este estudio, se buscaba alcanzar el objetivo específico de obtener información sobre los diversos factores relacionados con la calidad en el desarrollo de software en la ciudad de Santa Fe, y en ese sentido, se determinó que la mejor manera de recopilar datos y obtener dicha información, era a través de la construcción de un instrumento tipo encuesta para realizar entre las PYMES que se dedican a esta actividad.

Antes de iniciar este trabajo, se determinó la no existencia en los últimos años y dentro del ámbito de la ciudad de Santa Fe, de estudios previos ni pruebas piloto, relacionadas al tema principal de este TFI, en pos de evitar una investigación duplicada.

Para la realización de la encuesta se utilizó la metodología propuesta en (Kitchenham y colab., 2002-a; Kitchenham y colab., 2002-b; Kitchenham y colab., 2002-c; Kitchenham y colab., 2002-d; Kitchenham y colab., 2003), que sugiere buenas prácticas para el desarrollo completo de las mismas. Se consideran las siguientes fases: a) diseño de la encuesta, b) validación y corrección, c) distribución y recolección de datos y d) análisis de los resultados. A continuación, se describen las actividades llevadas a cabo en cada una de estas fases.

4.2.1 Diseño de la encuesta.

Se comenzó con la definición de los objetivos de la encuesta, mediante una clara especificación de cuáles serían las salidas esperadas y se identificó además la población destino a la que estaría dirigida, así como también cuál sería su tamaño más adecuado y cómo asegurar la mayor tasa de respuesta posible.

La encuesta se realizó con la finalidad de conocer:

- si las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe implementan métodos, técnicas, procedimientos de evaluación de calidad en el proceso de desarrollo de software.
- si las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe poseen algún tipo de certificación de calidad en sus procesos de desarrollo.
- las dificultades que enfrentan las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe en la implementación de procedimientos de calidad en desarrollo de software y para la obtención de certificaciones de calidad.

La población hacia la cual se dirigió la encuesta estuvo conformada por empresas desarrolladoras de software de la ciudad de Santa Fe. Para conseguir el contacto con estas empresas, inicialmente se cursó nota al área de Producción de la Municipalidad de Santa Fe, solicitando información sobre empresas desarrolladoras de software dentro del ámbito de esta

ciudad, con el propósito de tener acceso a un registro de las mismas. Se obtuvo como respuesta que si bien dicho registro existe, este contempla a todas las empresas que realizan la prestación de servicios informáticos y venta de insumos a nivel general y no discrimina aquellas que desarrollan software. Ante esa imposibilidad de conocer a la población total, la muestra considerada surgió a partir de identificar las empresas que forman parte de la organización Clúster TIC Santa Fe¹⁰ (CTSF). Según la información provista en su página, el CTSF posee 23 empresas asociadas. Se descartaron dos de ellas de la muestra por dedicarse a consultoría informática solamente. De las 21 empresas contactadas, se tuvieron un total de 7 respuestas, por lo que puede decirse que se tiene una representatividad del 33% del CTSF.

Para complementar este conjunto de empresas, se realizó una búsqueda exhaustiva de empresas de desarrollo de software en Internet, siendo el criterio de selección que las mismas se hallen situadas en la ciudad de Santa Fe y que se dediquen al desarrollo de software (no se consideraron las que proveían servicios informáticos generales) y que no sean las asociadas al CTSF. De esta manera se obtuvo el contacto de 20 empresas, de las cuales 15 respondieron a la encuesta, representando así un 75% de dicha población.

Para garantizar que se obtendría un elevado porcentaje de respuestas a la encuesta por parte de las organizaciones consideradas en el tamaño de la muestra, se concretó un contacto personal con representantes de la mayoría de las empresas, previo al envío de estas, de manera de lograr un mayor compromiso de respuesta. De esta manera, el tamaño final de la muestra fue de 22 empresas, lo que representa un subconjunto de un grupo más grande.

Considerando como población total a 41 empresas, la muestra considerada de 22 empresas tienen una representatividad del 53% aproximadamente. De esta manera, los resultados que se presentarán tienen un nivel de confianza del 85% con un margen de error de 11% (SurveyMonkey, 2021).

Como parte de la fase de diseño se determinó de qué manera se implementaría y se realizaría la distribución de la encuesta. Se evaluaron diferentes herramientas, tanto gratuitas como comerciales, y en base a esta evaluación, se decidió seleccionar como más adecuada OnlineEncuesta¹¹, en su versión paga, como herramienta para construir el instrumento seleccionado que fue del tipo encuesta.

El paso siguiente fue la confección del cuestionario, esto implicó la elaboración de las preguntas que posibilitaran la recolección de información en pos de satisfacer los objetivos que se establecieron previamente, siempre teniendo en cuenta el planteo de un diseño que sea sencillo y que tenga sentido en el contexto de la población a la que estaba dirigida la encuesta, alejado de cualquier sesgo, a su vez que permita obtener resultados que sean precisos, confiables y representativos en cuanto a que reflejen la realidad de la situación y siempre con la idea de que aporten datos útiles para el que responde, haciéndole ver de ese modo que valía la pena

¹⁰ Cluster TIC Santa Fe - <https://www.clusterticsantafe.org/>

¹¹ <https://www.onlineencuesta.com/>

completar la encuesta. También que los datos aportados contribuirían a tener un diagnóstico sobre el estado de las PYMES de Santa Fe en lo que hace a la calidad en el desarrollo de software.

Se definieron un total de 43 preguntas (detalladas en el Apéndice A), de las cuales la mayoría eran preguntas de tipo cerradas. Un conjunto de preguntas era de tipo binarias (Si/No, con la opción de responder “No sabe/No contesta”) o Múltiple Opción con Única Respuesta (MOUR), y el resto de tipo Múltiple Opción con Múltiple Respuesta (MOMR). Solo algunas ofrecían además la posibilidad de completar una de las opciones con una respuesta abierta. Cada pregunta fue numerada para facilitar su identificación.

La encuesta estaba dividida en grupos de preguntas por temas. El grupo 1 trataba sobre la empresa encuestada, sobre la persona que responde y sobre los productos que en la empresa se desarrollan, y el proceso dentro de la empresa. El grupo 2 trataba sobre la importancia que tiene la calidad de software para la organización. El grupo 3 trataba sobre las políticas de calidad en el proceso de desarrollo de software e indagaba sobre la situación de las empresas en cuanto a certificaciones de calidad. El grupo 4 trataba sobre necesidades e intereses en relación a capacitación en calidad.

4.2.2. Validación y corrección.

La segunda fase tuvo como propósito validar y evaluar la claridad y contenido de las preguntas planteadas en el cuestionario, su distribución y agrupación y la facilidad de uso de la herramienta empleada. Con el objetivo de realizar una prueba, se llevó a cabo una encuesta piloto entre 2 destinatarios seleccionados al azar (de la muestra seleccionada), a los cuales se les envió la primera versión de la encuesta. Además de responder las preguntas, se les solicitaba a los participantes incluir al finalizar, comentarios sobre cuestiones difíciles de entender o responder y sugerencias para mejorar la encuesta. En base a esta retroalimentación, se ajustó la encuesta y se acortó a una cantidad menor de preguntas, eliminándose preguntas similares o solapadas con otras, generándose así la versión final, que se distribuyó a las empresas que forman parte de la muestra seleccionada.

4.2.3. Distribución y recolección de datos.

Durante esta fase, la encuesta fue distribuida, contactando a través de emails personales a los representantes de las empresas de la ciudad de Santa Fe, lo que consistió en el envío de un enlace para acceder y responder a la encuesta online, junto con las instrucciones sobre cómo hacerlo. Se reiteró la invitación a aquellos que no respondieron en el plazo de dos semanas. En el cuerpo del email enviado, se presentaba el autor de este TFI, se indicaba como se había obtenido la dirección de correo que facilitaba el contacto, se especificaba el propósito del estudio, el tiempo real que demandaría responder la encuesta, así como también el compromiso de este autor en cuanto al resguardo de la confidencialidad de las respuestas que se obtuvieran. En caso de que el destinatario estuviese de acuerdo en responderla, al final del correo se encontraba el link para acceder a ella.

Posteriormente, se recolectaron las respuestas recibidas. En la última fase, los datos obtenidos fueron analizados y se elaboraron las conclusiones. El período durante el cual se realizó la encuesta estuvo comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2018.

4.2.4. Análisis de los resultados.

La información obtenida a partir de la encuesta realizada fue procesada y analizada utilizando un software de hojas de cálculo, el cual facilitó la construcción de tablas y gráficas para presentar en forma organizada los resultados. Para la presentación de resultados de las preguntas binarias y de tipo MOUR, se utilizaron gráficas circulares o de torta, y en algunos casos tablas de porcentajes.

Para las preguntas de tipo MOMR, la forma de presentación visual más adecuada es el gráfico de barras, que permite ver el número de veces (frecuencia) que una opción o respuesta fue elegida. Se completaron estas gráficas con los porcentajes de cada respuesta sobre la cantidad total de encuestados, pero debe observarse que, dado que cada encuestado puede haber marcado más de una respuesta, la suma de los porcentajes no representa el 100%.

Con esta investigación, se pretende dar respuesta a estos interrogantes:

- a) ¿Las prácticas que llevan adelante estas empresas, permiten evidenciar que sus procesos de calidad se condicen con las consideradas buenas prácticas?
- b) ¿Sus procesos se encuentran estandarizados y debidamente documentados?
- c) ¿Existe la “cultura de la calidad” en las organizaciones encuestadas?
- d) ¿Están en condiciones de ser competitivas y acceder a nuevos mercados próximamente?

En este capítulo se presentó el diseño de la encuesta dirigida a las empresas de desarrollo de software en la ciudad de Santa Fe. En el próximo capítulo se abordará el análisis de los resultados que se obtuvieron a partir de esta investigación.

Capítulo 5. Resultados de la encuesta sobre calidad en empresas de Santa Fe

La encuesta diseñada en el capítulo anterior se distribuyó a los destinatarios en el período comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2018. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos.

Análisis de resultados.

El Grupo 1 de preguntas de la encuesta buscaba caracterizar el perfil de la empresa y la persona representante que había contestado la misma, así como también conocer sobre los productos que en la empresa se desarrollan y el proceso que llevan adelante. A partir de la Pregunta 1 (ver resultados en Figura 3) se pudo conocer que el 54,5% de los encuestados son socio-gerentes de las empresas. Esto indica que las personas que respondieron tienen una visibilidad completa de los proyectos de desarrollo que llevan a cabo y sus respuestas no están acotadas a un conocimiento específico en cierta área de trabajo. Por otro lado, dado que se obtuvieron respuestas múltiples, se advirtió que sólo el 36,36% ocupa únicamente el puesto de socio-gerente, mientras que el resto también desempeña otros roles en la empresa (analista funcional, programador, tester, project manager, etc.).

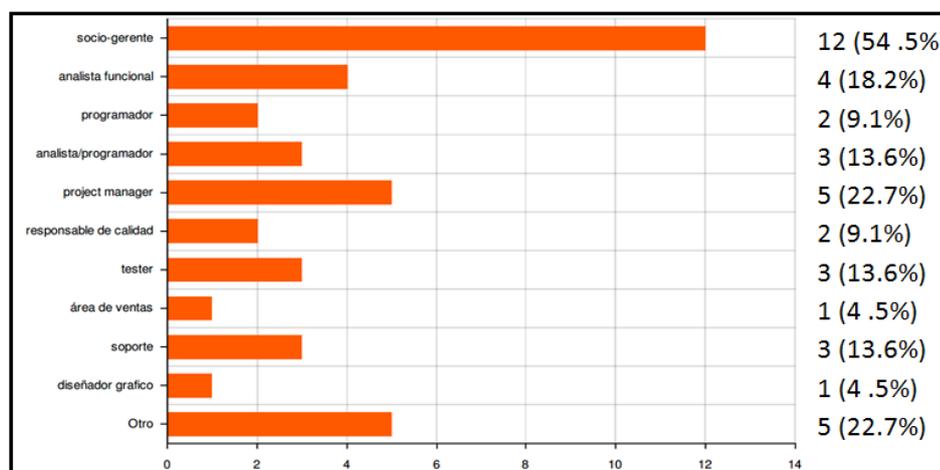


Figura 3. Resultados de la pregunta "Puesto/Rol que actualmente ocupa dentro de la empresa" (Pregunta 1)

A los encuestados se les consultó además sobre el nivel de estudios alcanzado por la mayoría de los empleados de la empresa (Pregunta 2) y se pudo conocer que en su mayor parte poseían título universitario (81%). Se presume que este alto porcentaje se debe a que las empresas se encuentran emplazadas en una ciudad universitaria que posee variadas ofertas de carreras en el área de sistemas e informática.

En cuanto al tamaño de las empresas en cantidad de personas (Pregunta 3, ver resultados en Figura 4), las respuestas indican que el 54,55% tiene un tamaño de entre 1 y 10 empleados, mientras que el 9,9%, emplea entre 10 y 20 personas. Estos datos evidencian que la muestra

encuestada representa en su mayoría a pequeñas y medianas empresas, es decir un tipo de organizaciones conformadas por un grupo reducido de socios-gerentes, que poseen un número pequeño de empleados o personal contratado. Por otro lado, el 36,36% respondió que la empresa tiene más de 20 empleados.

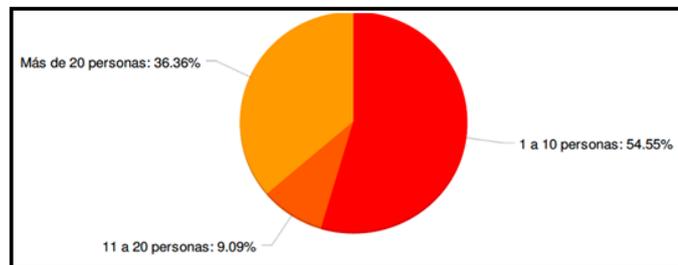


Figura 4. Resultados de la pregunta “Tamaño de la empresa en cantidad de personas” (Pregunta 3).

En cuanto a la antigüedad (Pregunta 4, ver resultados en Figura 5), más de la mitad de las empresas encuestadas tienen una antigüedad mayor a 10 años, mientras que el resto se han conformado en la última década. Estos datos indican que la mayoría de las empresas de la ciudad de Santa Fe se encuentran consolidadas y que han continuado creciendo en la industria de software en los últimos años.

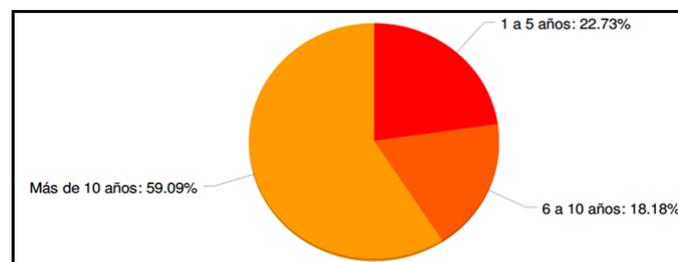


Figura 5. Resultados de la pregunta “Antigüedad de la empresa en años” (Pregunta 4).

Relacionando las preguntas 2, 3 y 4, se pudo observar que de las 22 empresas participantes, el 36,36% emplea más de 20 personas y tiene una antigüedad de más de 10 años, y cuentan con un plantel de empleados integrado en forma completa por profesionales universitarios.

Se indagó además sobre el mercado al que están orientadas las empresas (Pregunta 5, ver resultados en Figura 6). Se conoció que, sobre un total de 22 participaciones, el 50% de las organizaciones posee sólo clientes internos (de cualquier parte de Argentina), el 13,60% restante se orienta sólo hacia clientes externos únicamente (fuera de Argentina), mientras que el 36,40% orienta sus servicios hacia ambos.

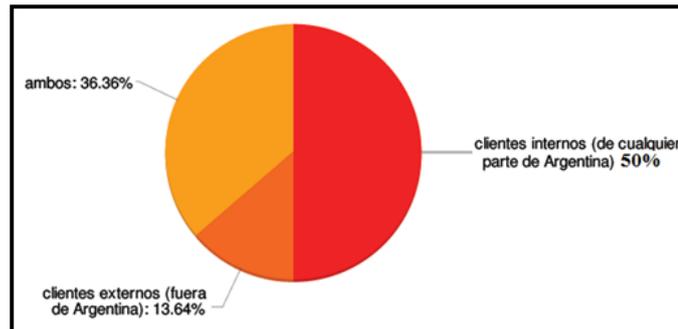


Figura 6. Resultados de la pregunta “Mercados a los que están orientadas las empresas” (Pregunta 5).

En cuanto al sector de la economía al que pertenecen los clientes (Pregunta 6, ver resultados en Figura 7), se obtuvieron respuestas muy variadas, siendo las de mayor frecuencia Comercio, Servicios, Salud, Industrial y Estatal. En cuanto a los tipos de desarrollo que realizan (Pregunta 7), la mayoría de los desarrollos se realizan a la medida del cliente y en menor proporción ofrecen productos enlatados.

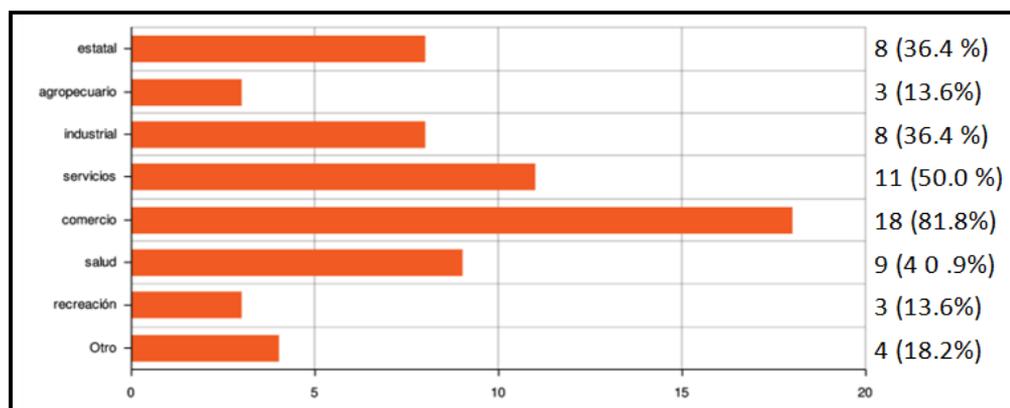


Figura 7. Resultados de la pregunta “Sector de la economía pertenecen la mayoría de los clientes de la empresa” (Pregunta 6).

Relacionando las preguntas 5 y 6, se pudo observar que de las 22 empresas participantes, el 50% se dedica a clientes internos que pertenecen al sector comercio y dentro de ese porcentaje, el 45,45% realiza sólo desarrollos a medida.

En relación a modelos de proceso que siguen en sus proyectos (Pregunta 8), la opción que obtuvo mayor frecuencia es SCRUM (81% de los encuestados indicaron esta respuesta), siguiéndole en orden de importancia XP y Kanban (Figura 8). Además, sobre el total de respuestas indicadas para todos los ítems, las metodologías ágiles representan el 74,36%. Este resultado evidencia la alta adopción de métodos y prácticas ágiles de desarrollo en las empresas de la ciudad de Santa Fe.

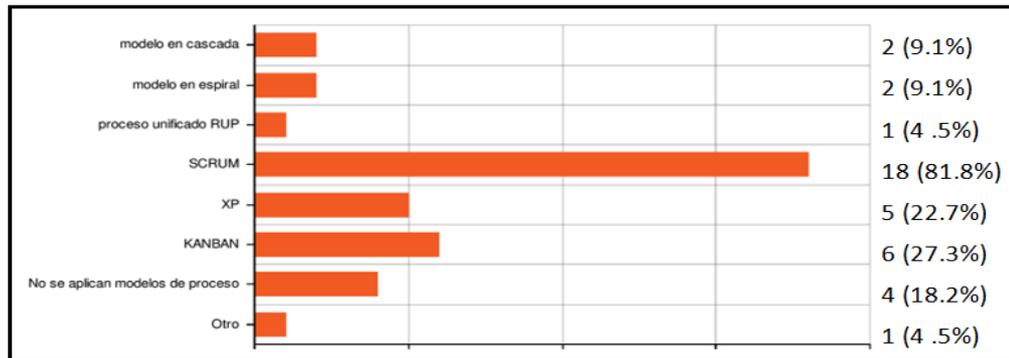


Figura 8. Resultados de la pregunta “Modelos de proceso de desarrollo que se aplican habitualmente en la empresa” (Pregunta 8).

La Pregunta 9 (ver resultados en figura 9) indagaba acerca de las herramientas que utilizan en las empresas, como soporte a sus procesos de desarrollo. Se detectó que existe un elevado nivel de adopción de herramientas para el control de versiones (86,4 %), entornos de desarrollo integrados (45,5%), pruebas (59,1%), integración continua (54,5%) y prototipado (40,9%), siendo las dos últimas habitualmente empleadas en procesos de desarrollo ágil. Una cuestión a destacar es que, si bien las empresas realizan desarrollos ágiles, también manifestaron hacer uso de herramientas de modelado y diseño y gestión de requerimientos, las cuales están más vinculadas a otros tipos de procesos de desarrollo. Esto indica que posiblemente se utilizan enfoques híbridos y no puramente ágiles. Dos participantes (9,10%) respondieron que en la empresa, no se utilizan herramientas como soporte al proceso de desarrollo. Cotejando con las respuestas sobre las características de estas empresas, se observó que correspondían a empresas unipersonales. Otra de las opciones de respuesta era acerca del uso de herramientas para la gestión de la calidad, la cual fue marcada por el 7 de los encuestados. (31,8%). Este porcentaje, como se mostrará más adelante, coincide exactamente con las empresas que respondieron que han certificado alguna norma o modelo de calidad.

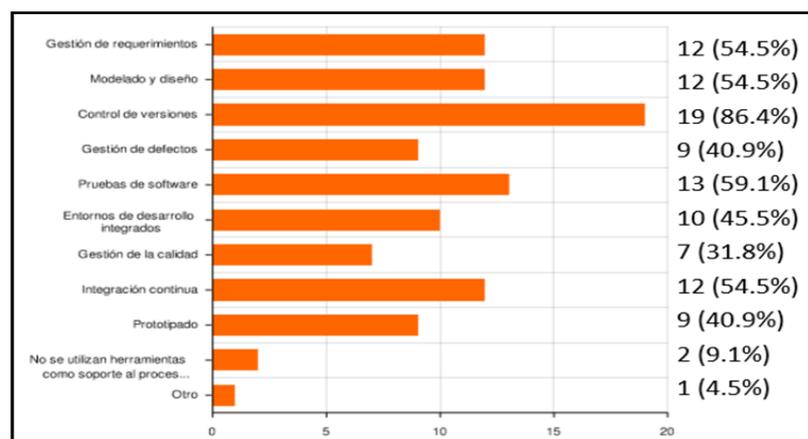


Figura 9. Resultados de la pregunta “Herramientas que utilizan en la empresa, como soporte a sus procesos de desarrollo” (Pregunta 9).

A continuación, en la Tabla 4, se resumen los resultados con respecto a las preguntas (número 10, 11 y 12) relativas al Grupo 2, que trataba sobre la importancia que tiene la calidad de software para la empresa. Como se puede observar, más del 30% de las empresas encuestadas presentan dificultades para asignar personal a todas las actividades de los proyectos llevados a cabo (Pregunta 10). Por otro lado, es destacable que casi todas las empresas tienen incorporadas buenas prácticas, como las de conservar datos históricos de proyectos y realización de estimaciones (Preguntas 11 y 12). Un resultado adicional es que las mismas empresas que respondieron afirmativamente respecto del almacenamiento de datos históricos de los proyectos, son las que realizan estimaciones.

Tabla 4 - Resumen los resultados de las preguntas número 10, 11 y 12

Preguntas	Si	No	No, pero...	NS/NC
¿Dispone de personal en cantidad suficiente para realizar las distintas actividades del ciclo de vida de cada proyecto que abordan en la empresa? (Pregunta 10)	54,5%	9.1%	31,8% contrataciones temporarias	4,5%
¿Se guardan datos históricos de los proyectos que abordan en la empresa? (Pregunta 11)	95,5%	0%	-	4,5%
¿Se realizan estimaciones para cada proyecto que abordan en la empresa? (Pregunta 12)	95,5%	0%	-	4,5%

La Pregunta 13 indagaba acerca del interés perseguido al realizar estimaciones. De un total de 22 respuestas, el 50% respondió que se busca conocer el tamaño, esfuerzo, duración, y costo del proyecto, mientras que el 22,7% respondió que solo establecer duración y costo, el 18,2% busca establecer esfuerzo y duración y el 13,6% establecer tamaño, esfuerzo, y duración (Figura 10).

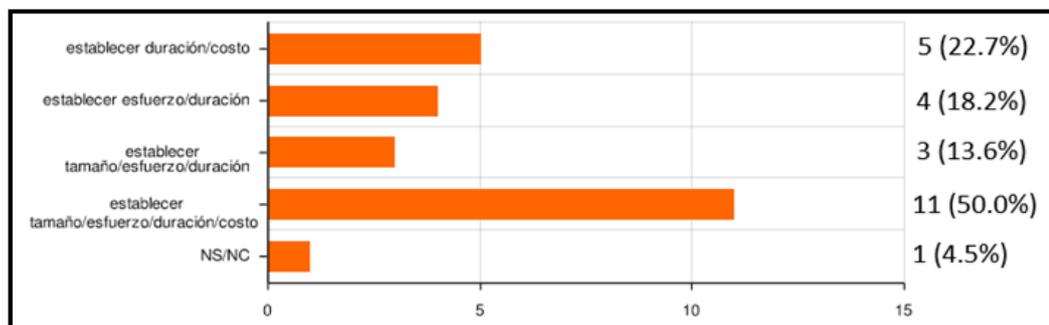


Figura 10. Resultados de la pregunta "Interés perseguido al realizar estimaciones" (Pregunta 13).

Consultados acerca de si la empresa tiene definidos procesos de pruebas (Pregunta 14), la cual es una pregunta de tipo MOUR, sobre un total de 22 participaciones, el 40,91% respondió que no tiene definidos procesos de testing, pero que realiza pruebas informales, el 31,80% que sí y que cada proyecto define su proceso de testing, y el 22,70% respondió que sí, en cuanto a que tienen definida una estrategia global de testing en la empresa. Finalmente 1 encuestado (4,55%) contestó que no realizan testing en su empresa (Figura 11).

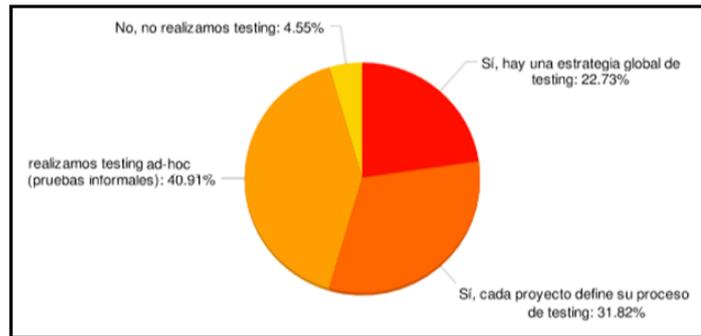


Figura 11. Resultados de la pregunta “Definición de procesos de prueba” (Pregunta 14).

La Pregunta 15 (de tipo MOMR) buscaba conocer si existe un área específica en la empresa a cargo de la realización de pruebas. Las respuestas obtenidas sobre un total de 22 participantes fueron: 7 (31,8%) dijeron que de estas actividades se encarga un área específica de testing y 5 (22,7%) que lo hace el área específica de calidad de software, 16 (72,7%) manifestaron que se encarga el equipo de desarrollo de la empresa, 2 (9,1%) que es el área que solicita el requerimiento, 2 (9,1%) que es el área de sistemas de la empresa, y 8 (36,4 %) que las pruebas las realiza el usuario final (interno o externo). Dado que las respuestas podían ser múltiples y no eran mutuamente excluyentes, se comprende que dependiendo del tipo de prueba que se desarrolle, estarán involucradas diferentes áreas de la empresa, y el usuario final (en cuanto a pruebas de aceptación). De todos modos, la respuesta mayoritaria indica que es el equipo de desarrollo mismo quien se encarga de las pruebas, lo cual pone en evidencia que el tipo de pruebas que más se llevan a cabo son las unitarias y de integración. Se observa que son pocas las empresas que poseen áreas dedicadas exclusivamente a pruebas (Figura 12).

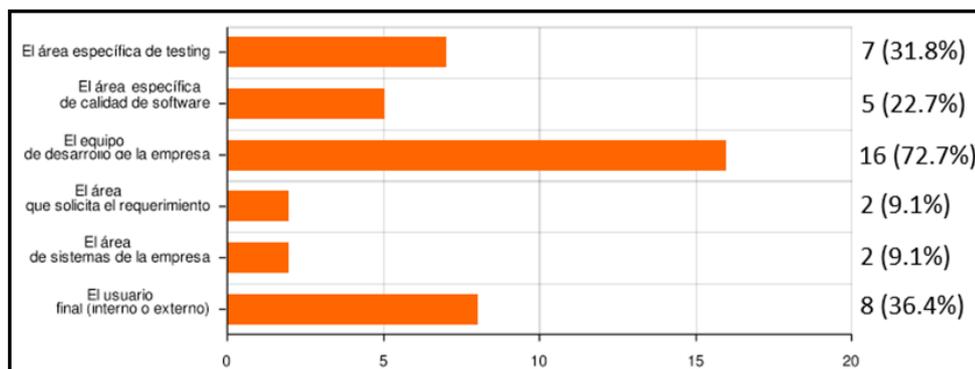


Figura 12. Resultados de la pregunta “Área de la empresa que realiza las pruebas” (Pregunta 15).

Un resultado adicional es que en el caso de las empresas que contestaron en la pregunta 14 que realizan pruebas informales (9 sobre un total de 22), se puede observar que un 66% de éstas, las lleva adelante el equipo de desarrollo de la empresa. Las restantes están a cargo de otras áreas: el área específica de testing, el área específica de calidad de software, el área de sistemas y también el usuario final.

Además, se consultó explícitamente si entre las actividades de prueba llevadas a cabo por las empresas se incluyen las pruebas automáticas (Pregunta 16). Sobre un total de 22 participaciones, el 50,10% respondió que no, mientras que el 40,90% restante manifestó que sí. Además, cruzando datos con la pregunta 15, se conoce que en el caso de las que si realizan pruebas automáticas, 9 empresas de 22, el 66% son llevadas a cabo por el equipo de desarrollo de la empresa.

Las preguntas del Grupo 3, buscaban conocer sobre las políticas de calidad en el proceso de desarrollo de software y sobre la situación de las empresas en cuanto a certificaciones de calidad. Es así que se les consultó si poseen un área dedicada exclusivamente al control de calidad (Pregunta 17). Sobre un total de 21 participaciones, el 52,38% (11) respondió que no, mientras que el 47,62% (10) restante manifestó que sí la poseen (Figura 13). A partir de esta pregunta, se consultó si los recursos humanos destinados a control de calidad tienen además otras funciones en el proyecto u otros proyectos (Pregunta 18). De los 11 participantes, 9 (90%) respondieron que sí y solo 1 dijo que contaban con personal exclusivo para las actividades de calidad (10%).

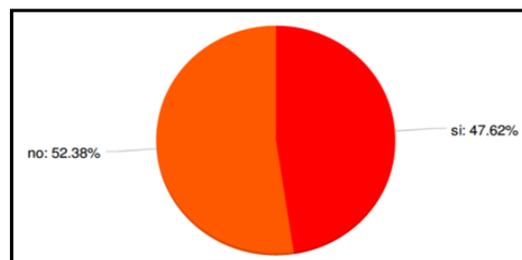


Figura 13. Resultados de la pregunta “Existencia de un área de control de calidad” (Pregunta 17).

Respecto de aquellas empresas que sí poseen un área dedicada exclusivamente al control de calidad, 10 de 21 participantes, el 80% reconoció que los recursos humanos destinados a control de calidad tienen además otras funciones en el proyecto u otros proyectos. Las dos empresas restantes (20%) reconocieron que los recursos humanos destinados a control de calidad sólo tienen esas funciones.

Además, se indagó con relación a la percepción de las empresas santafesinas en cuanto a calidad en el proceso de desarrollo (Pregunta 19). La pregunta era ¿está de acuerdo con que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo? De 20 participaciones, 95% estuvo de acuerdo (19 empresas).

También se indagó sobre qué significa para la empresa, la calidad en un producto de software (Pregunta 20). Las posibles respuestas eran: que funcione bien, que sea fácil de mantener y que satisfaga las necesidades/requerimientos del cliente. A su vez podían ser múltiples y no eran mutuamente excluyentes y en ese sentido la respuesta mayoritaria indica que para el 80% de los encuestados la calidad en un software implica que funcione bien, que sea fácil de mantener y que satisfaga las necesidades/requerimientos del cliente.

En el momento de consultar si algún personal de la empresa realizó alguna especialización o capacitación en gestión de calidad en desarrollo de software en los últimos dos años (seminario, curso, jornada, etc.), se obtuvieron 20 respuestas, de las cuales el 60% respondió que sí, en tanto las restantes 8, fueron negativas (Pregunta 21).

A los encuestados se les consultó sobre si se promovían dentro de la empresa, capacitaciones sobre buenas prácticas en mejoras de procesos y gestión de calidad en el desarrollo de software (Pregunta 22), obteniéndose 20 respuestas, 12 que sí (60%), 7 que no (35%) y 1 indicó la opción NS/NC (5%). De las 12 que respondieron afirmativamente esta pregunta, 9 (75%) poseen un área dedicada exclusivamente al control de calidad. A su vez, de las 12 que respondieron que realizaron alguna capacitación en gestión de calidad en desarrollo de software en los últimos dos años (pregunta 21), 9 (75%) promueven capacitaciones sobre buenas prácticas en mejoras de procesos y gestión de calidad en el desarrollo de software.

De aquellos que respondieron negativamente acerca de la realización de alguna especialización o capacitación en gestión de calidad en desarrollo de software en los últimos dos años, existen 3 empresas (37%) que promueven capacitaciones sobre buenas prácticas en mejoras de procesos y gestión de calidad en el desarrollo de software.

Otra de las preguntas dentro de este grupo era ¿Cuáles son los atributos que interesa medir en la empresa a la hora de evaluar la existencia de calidad en sus productos de software? (Pregunta 23). En base a las respuestas obtenidas y como muestra la Figura 14, los atributos considerados más importantes son la funcionalidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, quedando en más baja posición la portabilidad. Es de destacar que existe un bajo porcentaje de las empresas que respondió que no realiza mediciones.

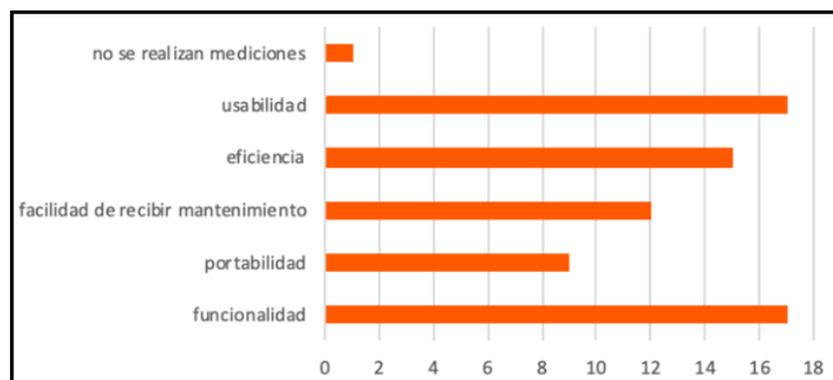


Figura 14. Resultados de la pregunta “Atributos que utilizan en la empresa a la hora de evaluar la existencia de calidad en sus productos software” (Pregunta 23).

Si bien la mayoría de las empresas encuestadas manifestaron interés en la realización de mediciones sobre atributos de calidad, se indagó sobre cuáles son las razones por las que no se realizan mediciones de atributos de calidad sobre los productos que se desarrollan (Pregunta 24). A esta pregunta respondieron 11 participantes, quienes indicaron como la razón principal la falta de tiempo y/o de recursos humanos (Figura 15). Esto tiene relación con la característica más

predominante de las empresas de la ciudad de Santa Fe, las cuales se tratan de pequeñas y medianas empresas, donde no siempre se cuenta con el personal necesario para realizar todas las tareas que demanda el desarrollo de un producto de software.

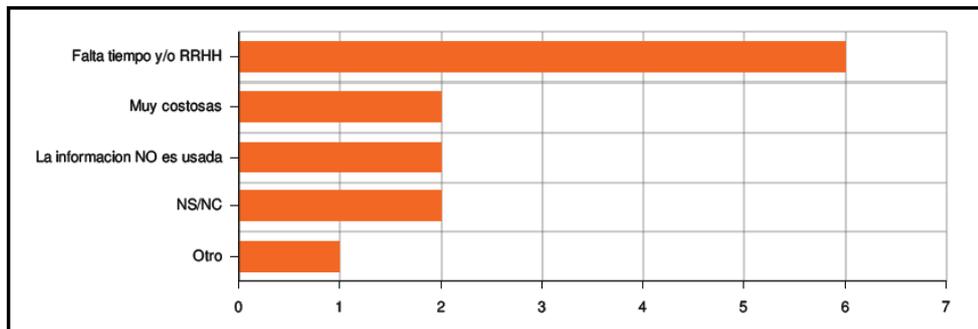


Figura 15. Resultados de la pregunta “Principales razones de la no realización de mediciones de calidad” (Pregunta 24).

La Pregunta 25 ¿Cómo se implementa el proceso de control de calidad en el desarrollo de los productos software que se generan en la empresa? (de tipo MOMR) apuntaba a conocer de qué manera las empresas creen incorporar procesos de calidad en el desarrollo, sin importar si han obtenido una certificación o no. Se obtuvo respuestas de 20 empresas (Figura 16). Se aprecia que las mayores frecuencias las obtuvieron las opciones “Se aplican métodos apropiados de Ingeniería de Software” y “Se aplican buenas prácticas de administración de proyectos”, con frecuencia 10 (50%) y 9 (45%) respectivamente. Sin embargo, puede verse que el 20% de las empresas encuestadas admitió que no se realizan actividades de control y aseguramiento de la calidad en el proceso de desarrollo de software dentro de la misma. Solamente 3 empresas (15%), manifestaron contar con una estructura de aseguramiento de la calidad del software y también 3 (15%) realizar controles exhaustivos de la calidad.

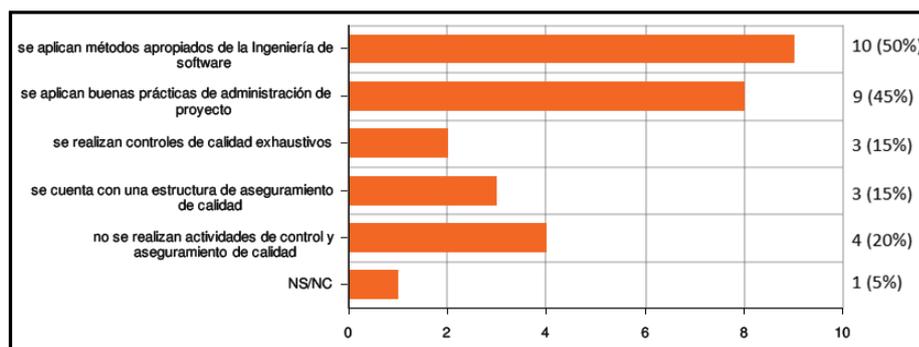


Figura 16. Resultados de la pregunta “Implementación del control de calidad en el proceso de desarrollo” (Pregunta 25).

Por otro lado, fueron consultados los participantes acerca de si se ocupan de relevar la opinión de los clientes respecto de la calidad de los productos que se les entregan (Pregunta 26). De un total de 20 respuestas, el 80% (16) dijo hacerlo, mientras que el 20% respondió que no. Además, se los consultaba con qué frecuencia se ocupan de relevar la opinión de los clientes

respecto de la calidad de los productos que se les entregan, en caso de que lo hagan (Pregunta 27). De 16 participantes que dijeron hacerlo, el 50% manifestó que lo hacen al menos una vez al año, mientras que el 37,5% dijo hacerlo al término de cada proyecto. El porcentaje restante (12%) dijo hacerlo según otro criterio, entre los que se mencionaron en forma mensual, y al finalizar un incremento de funcionalidad desarrollada (Figura 17).

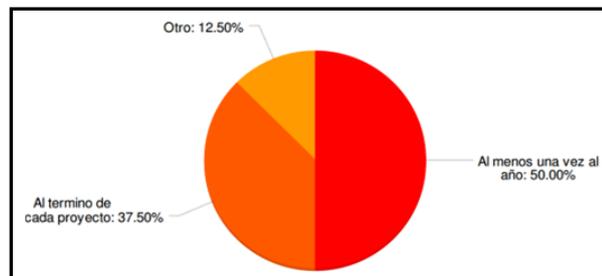


Figura 17. Resultados de la pregunta “Frecuencia en el relevamiento de la opinión de los clientes”(Pregunta 27)

La Pregunta 28 consultaba respecto a la experiencia y percepción de la empresa en cuanto a si los clientes, al momento de requerir productos o servicios prefieren empresas que tengan una certificación en calidad o hayan implementado un modelo de calidad de software. De 20 participantes que respondieron, el 35% manifestó que consideran que sí lo prefieren, mientras que el 40% dijo que no, y el 25% indicó la opción NS/NC. La respuesta por “No” era abierta y daba la posibilidad de indicar las otras posibles preferencias de los clientes. Dado que ésta representa el 40% de las respuestas, se llevó a cabo un análisis léxico para identificar frases y palabras que representen qué otras preferencias tienen los clientes para poder establecer una valoración de cada una según su frecuencia. Se obtuvieron las siguientes preferencias:

- Buena relación Costo / Beneficio (4)
- Buenas referencias de la empresa (2)
- Estética del producto (1)

Además, se les pidió a los encuestados, que de acuerdo con su experiencia dijeran por qué creen que es útil y beneficioso contar con una certificación en calidad de software para una empresa desarrolladora (Pregunta 29). Esta pregunta era de tipo MOMR, de las 20 participaciones, 16 eligieron más de una respuesta: 13 (65%) indicaron que les permite diferenciarse y entregar productos con valor agregado, 14 (70%) que mejora su competitividad, 10 (50%) porque les permite avanzar sobre nuevos mercados, 7 (35%) porque les permite acceder a la ley de Promoción de la Industria del Software (Figura 18).

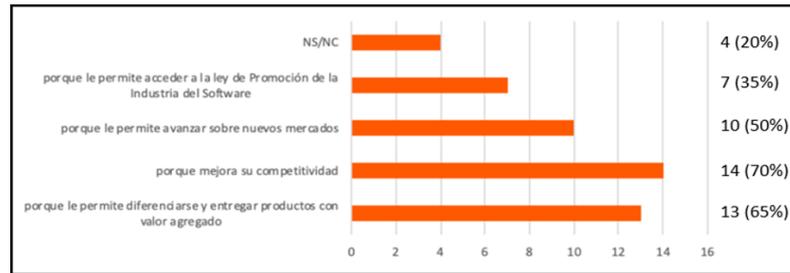


Figura 18. Resultados de la pregunta “Utilidad de una certificación en calidad de software” (Pregunta 29).

Entre las preguntas del Grupo 3, se pidió también a los encuestados manifestar si su empresa posee alguna certificación de cumplimiento con normas de calidad de software o de modelos de calidad (Pregunta 30). Del total de 22 encuestados, 8 participantes respondieron positivamente. De éstos, 7 contestaron que poseían la certificación ISO 9001:2015 (32%) y 1 respondió tener implementado el nivel 2 de CMMI (4%) (Figura 19).

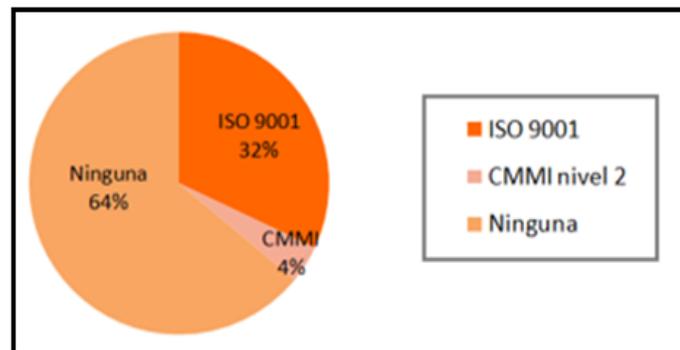


Figura 19. Resultados de la pregunta “Empresas que poseen certificación en calidad” (Pregunta 30).

La Pregunta 31 consultaba si la empresa está adherida a la Ley de Promoción de la Industria del Software número 25.922 (LPIS). Se obtuvieron 19 respuestas, observándose como resultado que el 63,2% de las empresas encuestadas no se encuentran adheridas a la ley y solo lo está un 21,1%. Para poder acceder a sus beneficios las empresas deben cumplir 2 de estos 3 requisitos: hacer investigación y desarrollo, certificar normas de calidad o exportar. Haciendo una correlación de datos entre las empresas que tienen certificada calidad (8 empresas) y esta pregunta, se pudo observar que solo la mitad contestaron positivamente a la misma. Por lo tanto, no se evidencia que la vigencia de la ley haya sido determinante para incentivar la adopción de normas de calidad en las organizaciones. Esta respuesta reconfirma la baja frecuencia obtenida en la opción de la Pregunta 29 relativa a la LPIS.

La Pregunta 32 indagaba si se dispone de algún documento en el que se exprese la política de calidad de la empresa y los objetivos perseguidos. El número de participantes fue 19. El 42,11% (8) respondió que sí en cuanto a que los objetivos y políticas se encuentran establecidas en un documento, el 52,63% (10) dijo no tenerlo y 5,26% (1) indicó NS/NC. Haciendo una

correlación de datos pudo observarse que las empresas encuestadas que poseen sus políticas de calidad documentadas son las que dijeron poseer una certificación ISO o CMMI, junto con otra empresa que aún no posee la certificación (Figura 20).

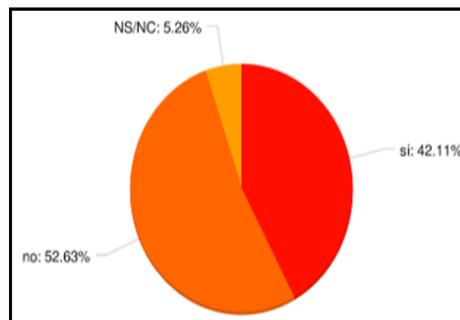


Figura 20. Resultados de la pregunta “Existencia de un documento que expresa la política de calidad” (pregunta 32).

Además, la Pregunta 33 consultaba si en la empresa los objetivos en cuanto a calidad del software y los procesos mediante los que se obtiene este, son medibles y coherentes con la política de calidad implementada. El 42,11% (8) respondió que sí, lo cual es coincidente con las respuestas positivas de la pregunta 34 y 35. El resto de los participantes (11), 15,8% respondió que no, y el 42,11% (8) no estaban seguros de ello.

La Pregunta 34 estaba dirigida solo al grupo de encuestados que dijeron haber certificado una norma o modelo de calidad, y se les consultaba cómo evalúan los resultados post implementación de la norma, política o modelo de calidad. Las posibles respuestas eran a. “exitosos”, b. “parciales”, c. “negativos”, d. “sin resultados visibles todavía”, e. “no son los que se esperaban” y f. “NS/NC”. Del total, el 87,5% (7) de las empresas con certificación, respondieron que los resultados han sido exitosos, mientras que una sola (12,5%) respondió que los resultados son parciales. El resto de las opciones no fueron seleccionadas. A este mismo grupo de encuestados, se le consultó si consideran que los beneficios obtenidos a partir de la certificación de la norma justifican la inversión realizada (Pregunta 35). Cinco (5) de los encuestados dijeron que sí lo consideran, mientras que tres (3) eligieron la opción NS/NC. No se computaron respuestas negativas.

En este mismo grupo de preguntas se incluyó la Pregunta 36, la cual consultaba sobre los resultados concretos obtenidos a partir de la implementación de la norma, política o modelo de calidad. La pregunta era de tipo MOMR, siendo las posibles respuestas a. “reducción del retrabajo”, b. “costos menores de mantenimiento”, c. “aumento de la satisfacción del cliente”, d. “cumplimiento de los cronogramas pactados”, e. “mejoras en la calidad del producto”, f. “reducción de costos de desarrollo”, g. “reducción del número de defectos (debido a su detección en las fases tempranas del ciclo de vida)”, h. “mejoras en la imagen de la empresa y apertura de nuevos mercados”, i. “ayuda a fomentar una cultura / compromiso de toda la organización, para con la calidad” y j. “reorganización de procedimientos y estandarización de actividades” (Figura 21). Como puede observarse, las opciones “reducción de costos de desarrollo”, “reducción del

número de defectos” fueron las de menor frecuencia (1), mientras que “ayuda a fomentar una cultura / compromiso de toda la organización para con la calidad” fue la que obtuvo mayor frecuencia. Cabe destacar que esta última opción, de alguna manera implica al resto de las opciones, ya que un fuerte compromiso organizacional para con la calidad, tiene una incidencia directa en la reducción de defectos, mejora de la imagen, reducción de costos por retrabajo, y mayor satisfacción del cliente.

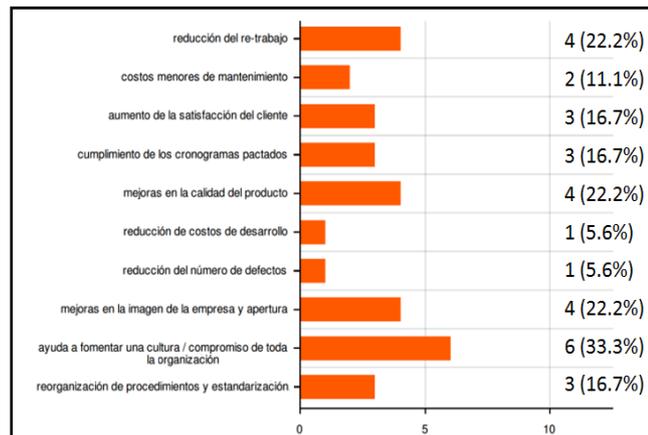


Figura 21. Resultados de la pregunta “Resultados obtenidos a partir de la implementación de la norma, política o modelo de calidad” (pregunta 36).

Por otro lado, la Pregunta 37 consultaba si la implementación de la norma implica revisiones periódicas y seguimiento de los proyectos. A esta pregunta, 7 de las empresas que tienen certificación, respondieron que sí les exige, y solo una optó por NS/NC.

Se incluyó una pregunta para este grupo de empresas que indagaba acerca de las dificultades encontradas en el camino de obtener una certificación (Pregunta 38). Las opciones eran a. “proceso de preevaluación muy costoso”, b. “la norma es solamente aplicable a proyectos de largo plazo”, c. “la norma define actividades de manera muy general”, d. “difícil de implementar para PYMES”, e. “demora en la obtención de resultados”, f. “falta de asesoramiento gratuito”, g. “no presentó dificultades”. Solo respondió la mitad del grupo al que estaba dirigida, siendo solo mencionadas las opciones a, b, y e.

Para concluir esta parte del Grupo 3 de la encuesta, se incluyeron dos preguntas para los encuestados que no poseen implementación de normas o modelos de calidad. Se les consultó si, en caso de no encontrarse en proceso de obtener una certificación de calidad de software, su organización tiene planeado obtener una certificación en los próximos meses o años (Pregunta 39). De 12 participantes, 4 (33%) respondieron que sí se encuentran en proceso, y el resto no respondió a la pregunta. Además, se les consultó si a pesar de no haber implementado una norma de calidad dentro de la empresa consideraban que los procesos de su organización se encuentran definidos, documentados y debidamente estandarizados (Pregunta 40). De 12 participantes, solo 3 respondieron por sí (25%), por lo que se concluye que, si la empresa no emprende un esfuerzo por obtener una certificación, es difícil que se adopten procesos de calidad de manera formal.

La encuesta finalizaba con el Grupo 4, que buscaba conocer sobre necesidades e intereses de capacitación en la temática de calidad. La pregunta 41 indagaba sobre el interés de la empresa en capacitarse en temáticas particulares de calidad en el desarrollo de software, donde el 80% respondió en que sí estaba interesada. A su vez, la pregunta 42 buscaba conocer en caso de estar interesado en capacitación, sobre que temáticas sería, y aquí el mayor interés estuvo en las temáticas de Metodologías ágiles de desarrollo, Testing y Aseguramiento de la calidad del software, y modelos y normas de calidad. Asimismo, la pregunta 43, última de la encuesta, consultaba sobre qué temática particular de calidad de software consideraba deficiente la oferta de capacitaciones dentro de la ciudad de Santa Fe. Se conoció que, sobre un total de 19 participaciones, el 52,60% indicó la opción NS/NC.

A partir de los resultados de la encuesta, es posible responder a los 4 interrogantes que fueron planteados en el Capítulo 4. Por un lado, se detectó que las empresas encuestadas emplean procedimientos que son considerados como “buenas prácticas” para el desarrollo de software, ya que se pudo conocer que:

- utilizan distintos tipos de herramientas como soporte en sus procesos de desarrollo (control de versiones, pruebas, gestión de la calidad, etc.);
- realizan estimaciones en pos de conocer tamaño, esfuerzo, duración y costo de sus desarrollos;
- llevan adelante prácticas de gestión de proyectos y almacenan datos históricos de los mismos;
- el equipo de desarrollo es el que realiza las primeras pruebas sobre el software;
- se promueven capacitaciones sobre mejoras de procesos y gestión de la calidad;
- efectúan controles de calidad y evaluaciones de los productos que desarrollan considerando atributos como funcionalidad, usabilidad, eficiencia y mantenibilidad, y también portabilidad;
- relevan la opinión de sus clientes con distintas frecuencias.

Por otro lado, se pudo determinar que un bajo porcentaje de las organizaciones encuestadas considera que sus procesos se encuentran definidos, documentados y debidamente estandarizados. Esta situación evidencia que resulta difícil llevar adelante procesos de aseguramiento de calidad de manera formal si la empresa no aborda un proceso de obtención de una certificación con la ayuda de un consultor que acompañe en dicho proceso. Obviamente esto constituye un costo que las empresas deben afrontar si deciden encaminarse hacia una mejora en la calidad de sus procesos y productos.

La encuesta buscaba conocer si existe la llamada “cultura de la calidad” en las empresas santafesinas. La cultura de la calidad es el conjunto de comportamientos individuales y de una organización que basados en creencias y valores compartidos, busca continuamente alcanzar los

objetivos de la organización en relación a la calidad de sus productos y servicios y a la satisfacción de las necesidades de sus clientes. A partir de las respuestas obtenidas mayormente en los grupos 2 y 3 que se trataban principalmente sobre la importancia de la calidad del software para la empresa, y las políticas de calidad adoptadas por la organización, se puede concluir que sí existe “cultura de calidad.” Además, a partir de las respuestas recibidas en el Grupo 4 de preguntas, se evidenció que esa cultura se fortalece con capacitaciones dentro de la empresa sobre buenas prácticas orientadas a la mejora de procesos y gestión de calidad en el desarrollo de software.

Con respecto a condiciones de competitividad y acceso a nuevos mercados de las empresas santafesinas, se conoció que las empresas que han certificado (36% de las 22 encuestadas), manifestaron que los resultados han sido exitosos y que los beneficios obtenidos a partir de la certificación de la norma, justifican la inversión realizada, detallando resultados obtenidos tales como mejoras en la calidad del producto, mejoras en la imagen de la empresa y apertura de nuevos mercados, entre otros.

Amenazas contra la validez.

La validez del presente trabajo puede estar amenazada por el hecho que ya fue indicado de que no se logró obtener a través de fuentes como el registro municipal o provincial impositivos el tamaño exacto de la población, es decir, no se pudo identificar a todas las empresas con domicilio fiscal en la ciudad de Santa Fe que se dedican al desarrollo de software. Sin embargo, se considera que a partir de la consulta al Clúster TIC Santa Fe y la búsqueda exhaustiva de empresas con locación en la ciudad Santa Fe que ofrecen o publicitan sus servicios de desarrollo de software a través de Internet, se alcanzó un conocimiento aproximado del tamaño de la población total.

Otra limitación detectada en la encuesta realizada, es que con preguntas, como por ejemplo la número 23, se asumió que los encuestados tenían conocimientos suficientes como para responderlas. Sin embargo esto no puede asegurarse porque no se previó una capacitación previa a los encuestados. De todas maneras y dado que, a partir del análisis de los datos, se conoció que un porcentaje importante de los encuestados poseían una formación relacionada a sistemas, por lo que se considera que en su mayoría tenían claros los conceptos vinculados a las opciones de respuesta ofrecidas en las distintas preguntas que formaban parte de la encuesta distribuida.

En este capítulo se presentaron los resultados de la encuesta llevada a cabo a un grupo de empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe, lo que permitió conocer la situación actual que presentan estas empresas respecto de sus características y las prácticas de calidad que adoptan en sus procesos de desarrollo de software. En el capítulo siguiente, se expondrán las conclusiones obtenidas luego del relevamiento realizado.

Capítulo 6. Conclusiones

El presente informe de trabajo final integrador se inició con la realización de una investigación de tipo documental sobre calidad en general y sobre calidad de software, lo que permitió por un lado llevar a cabo una revisión del estado del arte en cuanto a estas cuestiones y por el otro, poder caracterizar las normas y modelos de calidad según distintos aspectos (tipo, organismo que intervienen, etc.). Además se indagó sobre los conceptos principales e importancia creciente, dándose respuesta de esta manera a lo previsto en el objetivo específico a) del Capítulo 1.

En base a la bibliografía estudiada, se discutieron las implicancias que tiene para una organización plantearse como objetivo alcanzar calidad en el desarrollo de software. Para ello se examinó el fundamento de las normas clásicas de aseguramiento de la calidad y su aplicación en empresas desarrolladoras de software, así como también aquellas estrategias alternativas y su aplicación en PYMES y se describió qué elementos forman parte de un sistema de aseguramiento de la calidad, cumplimentándose de esta manera los objetivos específicos b, c y d indicados en el Capítulo 1.

Para conocer la situación que presentan las empresas de la ciudad de Santa Fe en cuanto a sus objetivos de calidad, se realizó una encuesta prestando atención a su contexto y a las actividades y prácticas que llevan adelante estas organizaciones, lo que es parte del relevamiento previsto en el objetivo específico e indicado en el Capítulo 1.

Tal cual lo establecido en el objetivo específico f indicado en el Capítulo 1, los resultados de la encuesta se describieron y sintetizaron de manera organizada conformando el Capítulo 5. A una muestra representativa de empresas se les consultó sobre sus percepciones y las prácticas que han adoptado para la implementación y gestión de la calidad en el desarrollo de sus proyectos de software, específicamente en el grupo de preguntas número 3 de la encuesta, cumplimentándose de esta manera el objetivo específico g.

En relación a las empresas encuestadas, en su mayoría se trató de pequeñas empresas formadas por hasta 10 personas, muchas con títulos universitarios, con una antigüedad de más de 10 años, con clientes del mercado interno en su mayor parte, con procesos de desarrollo más bien informales, aunque con prácticas de calidad que se pueden considerar al menos aceptables.

La mayoría de los encuestados demostró conocer y valorar a los modelos y prácticas de calidad, aunque quedó en evidencia que, por cuestiones presupuestarias, de tamaño de las empresas, o de tiempo en los proyectos que llevan a cabo, no siempre se implementan de forma completa, y se carece de políticas serias para la gestión y el seguimiento de las mismas. Una de las mayores barreras con que se encuentran en el camino las empresas es la escasez de financiamiento que les permita abordar un proyecto de implementación de calidad, y problemas de capacitación en la temática. Sin embargo, se observa que a pesar de estas barreras las organizaciones realizan grandes esfuerzos por obtener certificaciones de calidad. También para

lograr sus objetivos y mantenerse competitivas, a través de la mejora de sus procesos de desarrollo de software.

Hace más de una década, el uso de métodos de medición y estándares de calidad en empresas, y la implementación de normas de la ISO o modelos como CMMI estaba relacionado a procesos de desarrollo más pesados y burocráticos como RUP. Sin embargo, se evidenció que, si bien en los últimos años las empresas se han volcado hacia el desarrollo ágil, es factible la implementación y certificación de calidad con éxito.

Aunque los resultados de la encuesta evidencian la importancia que se le otorga a la calidad tanto en el software como en los procesos de desarrollo de las organizaciones dedicadas a desarrollo de software dentro de la ciudad de Santa Fe, se denota que aún hace falta de inversiones de recursos de parte de las empresas para implementar calidad en forma seria.

Este estudio es de utilidad para la definición de políticas de financiamiento por parte del estado provincial y municipal, y de ofertas de capacitación en calidad que puedan ser promovidas desde las universidades o los polos tecnológicos, ya que muchas empresas consideraron deficiente la oferta local de esos temas. A su vez esta temática es de interés tanto para las PYMES de la región, como para organismos gubernamentales de financiamiento y apoyo a PYMES, las cuales mediante los resultados de este estudio, podrían enfocarse en la definición de políticas de fortalecimiento en el sector.

Bibliografía

Abrahamsson P., Salo O., Ronkainen J., Warsta J. Agile software development methods Review and analysis, Technical Research Centre of Finland, VTT Electronics, september 2002, ISBN: 951-38-6010-8, consulta: 5 de febrero de 2021, disponible en: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P478.pdf>.

Albin S. The art of software architecture: design methods and techniques, John Wiley & Sons, 2003.

Alfonzo P., Mariño S. Los estándares internacionales y su importancia para la industria del software, Buenos Aires, 15-04-2013, consulta: 20 de marzo de 2021, disponible en <http://www.cyta.com.ar/ta1202/v12n2a3.htm>.

Alonso L., Iglesias M. Evaluación del nivel de calidad de una empresa basada en COMPETISOFT, Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Plata, 2007, consulta: 10 de marzo de 2021, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3969>.

Arcos-Medina, G., & Mauricio, D. (2020). The Influence of the Application of Agile Practices in Software Quality Based on ISO/IEC 25010 Standard. *International Journal of Information Technologies and Systems Approach (IJITSA)*, 13(2), 27-53. doi:10.4018/IJITSA.2020070102

Beck K. et al Manifiesto for Agile Software Development, 2001, consulta: 6 de noviembre de 2019, disponible en <http://agilemanifesto.org>.

Bertone R., Esponda S., Pasini A., Martorelli, S. Calidad en el desarrollo de Sistemas de Software, XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2010, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, El Calafate (Santa Cruz), 5 y 6 de mayo de 2010, disponible en: <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/3837>.

Blas M., Gonnet S., Leone H. Especificación de la Calidad en Software-as-a-Service: Definición de un Esquema de Calidad basado en el Estándar ISO/IEC 25010, ASSE 2016 (Simposio Argentino de Ingeniería de Software), JAIIO 45, Tres de Febrero (Bs. As.), 5 al 9 de Septiembre de 2016, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57158>.

Boehm, B. A view of 20th and 21st Century Software Engineering, En Proceedings of the 28th International Conference On Software engineering, ACM, pp. 12-29, 2006.

Boletín Oficial, Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento Ley 27570, 26 de octubre de 2020, consulta: 18 de enero de 2021, disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/236496/20201026>.

Burdino, M., Salgado C., Peralta M., Sánchez A., Ruiz de Mendarozqueta, A. Guía para la aplicación de la Norma ISO 9001:2015 en el desarrollo ágil de software, XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2019, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, 25 y 26 de abril de 2019, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77111>.

CMMI, Modelo Integrado de Madurez de Capacidades, 2002, <https://cmmiinstitute.com>.

CMMI, Product Team CMMI for Development, version 1.3, CMU/SEI-2010-TR-033, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2010.

Comisión Calidad CESSI: CMMI su aplicación en Empresas en general y en PYMES, Beneficios y Cuestionamientos, 2006, consulta: 26 de noviembre de 2019, disponible en: www.cessi.org.ar/documentacion/CESSI_Articulo_I_CMMI_V00.doc.

Dapozo G., Greiner C., Irrazábal E., Medina Y., Ferraro M., Lencina B. Características del desarrollo de software en la ciudad de Corrientes, XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2015, Junín (Buenos Aires), 5 al 9 de octubre de 2015, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50415>.

Deissenboeck F., Juergens E., Lochmann K., Wagner S. Software quality models: Purposes, usage scenarios and requirement, ICSE Workshop on Software Quality, pp. 9-14, 2009.

Estayno M., Dapozo G., Cuenca Pletch L., Greiner C. Modelos y métricas para evaluar calidad de software, XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional de San Juan, WICC 2009, San Juan, 7 y 8 de mayo de 2009, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19762>.

Fernández L. Evaluación ampliada de procesos a partir del proyecto COMPETISOFT, Tesis de maestría, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2017, disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/60743>.

Fritz E., Montejano G., García P. Selección de Atributos de Calidad de Datos en Sistemas de Gestión de Aprendizaje bajo la Familia de Normas ISO/IEC 25000, XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2017, Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Buenos Aires, 27 y 28 de abril 2017, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61343>.

Genjo M., Cuomo V. Gestión de Calidad en Empresas Argentinas de Software, Estudio sobre tópicos de calidad en empresas argentinas de software en el marco de la Comisión de Calidad de la CESSI, Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur, noviembre 2017.

Grupo CONSITI La importancia de QA en entornos Agile y DevOps, 23 de julio de 2019, consulta: 24 de marzo de 2021, disponible en: <http://grupoconsiti.com/home/la-importancia-de-qa-en-entornos-agile-y-devops/>.

Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio P. Metodología de la investigación, McGraw Hill, 2003.

Humphrey W. Managing the Software Process, Addison-Wesley Professional, 1989.

IRAM-ISO 9001:2008 Sistema de gestión de la calidad Requisitos, Segunda Edición, IRAM, 2008.

ISO 9001:2015 Quality management Systems Requirements, 2015, <https://www.iso.org/standard/62085.html>.

ISO/IEC 15504-1 Information Technology, Process Assessment, 2004, <https://www.iso.org/standard/38932.html>.

ISO/IEC 25000:2014 Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), System and software quality models, 2014.

ISO/IEC 25000:2014 Systems and software Engineering, Systems and software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Guide to SquaRE, 4.33, 2014.

ISO/IEC 25010 Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), System and software quality models, 4.3.13, 2011.

ISO/IEC 90003:2000 Software engineering Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer, 2004.

ISO/IEC 90003:2018 ISO/IEC/IEEE International Standard, Software engineering, Guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software, 2018, consulta: 14 de diciembre de 2020, disponible en: <https://standards.ieee.org/standard/90003-2018.html>.

ISO/IEC 90003:2018 Software engineering Guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software, 2018, consulta: 14 de diciembre de 2020, disponible en <https://www.iso.org/standard/74348.html>.

ISO/IEC 9126-1 Software engineering, Product quality, Part 1: Quality model, 2001.

ISO/IEC/IEEE 12207 Systems and software engineering, Software life cycle processes, 2017, <https://www.iso.org/standard/63712.html>.

Kitchenham, B. A., Pfleeger, S. L. Principles of Survey Research Part 2: Designing a Survey, Software Engineering Notes vol. 27 no 1, 18-20, 2002.

Kitchenham, B. A., Pfleeger, S. L. Principles of Survey Research Part 3: Constructing a Survey Instrument, Software Engineering Notes vol. 27 no 2, 20-24, 2002.

Kitchenham, B. A., Pfleeger, S. L. Principles of Survey Research Part 4: Questionnaire Evaluation, Software Engineering Notes vol.27 no 3, 20-23, 2002.

Kitchenham, B. A., Pfleeger, S. L. Principles of Survey Research Part 5: Populations and Samples, Software Engineering Notes vol. 27 no 5, 17-20, 2002.

Kitchenham, B. A., Pfleeger, S. L. Principles of Survey Research Part 6: Data Analysis, Software Engineering Notes vol. 28 no 2, 24-27, 2003.

Llaneza M., Dapozo G., Greiner C., Estayno M. Análisis comparativo de modelos de calidad orientado al desarrollo de software en PYMES, XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2013, Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Paraná (Entre Ríos), 18 y 19 de abril de 2013, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27251>.

López A., Sánchez A., Montejano G. Definición de Métricas de Calidad para Productos de Software, XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2016, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concordia (Entre Ríos), 14 y 15 de abril de 2016, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53444>.

López García, T., Acosta Gonzaga, E., Alvarez-Cedillo, J. A. (2019) CMMI EN MÉXICO Y ANÁLISIS DE APLICACIÓN EN UNA PYME MEXICANA, Boletín No. 73, Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, SEPI.

Martinez N., Ramon H., Bertone R. Aplicabilidad de COMPETISOFT a partir de un método ágil como Scrum Un caso práctico, XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2012, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (Buenos Aires), 8 al 12 de octubre de 2012, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23722>.

Mersino A. Agile Project Success Rates are 2X Higher than Traditional Projects, 1 de abril de 2018, consulta: 24 de marzo de 2021, disponible en: <https://vitalitychicago.com/blog/agile-projects-are-more-successful-traditional-projects/>.

Miguel, María C. CMMI aplicado a un proyecto MDD, Tesis de licenciatura, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2010, disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/4032>.

Mon A., Arancio A., De María E., Romanelli G., Estayno M. Desarrollo de herramientas de evaluación para los procesos de gestión de PYMES de software, XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2009, Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

OPSSI, Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina, año 2017, consulta: 10 de julio de 2021, disponible en: <https://www.cessi.org.ar/descarga-institucionales-2219/documento2-02e5557d4fc5b9af48a726500a8c5bdd>.

OPSSI, Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina, año 2018, consulta: 27 de noviembre de 2020, disponible en: <https://www.cessi.org.ar/descarga-institucionales-2330/documento2-4293d756d846c745c87a3aa13c44f8b6>.

Pantaleo, G. Calidad en el Desarrollo de Software, AlfaOmega, 2011.

Papa, María F. Aseguramiento de Calidad de Software: Estudio Comparativo de Estrategias de Medición y Evaluación, Tesis de maestría, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2012, disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/4217>.

Pasini A., Esponda S., Bertone R. Pesado P. Aseguramiento de Calidad en PYMES que desarrollan software, Una experiencia desde el proyecto COMPETISOFT, XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2008, Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja, 6 al 10 de octubre de 2008, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21932>.

Peñalva, Mirta Del C. Un modelo de evaluación de la calidad de aplicaciones Web en e-government, Tesis de maestría, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, 2014, consulta: 10 de febrero de 2021, disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/40032>.

Pesado P., Esponda S., Pasini A., Borracchia M., Diaz D., Estevez E. Normas y Modelos de Calidad para la Mejora de Productos y Procesos de Software y de Procesos de Gestión, XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2015, Universidad Nacional de Salta, 16 y 17 de abril de 2015, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45955>.

Pfleeger, Shari L. Ingeniería de Software, Teoría y Práctica, Prentice Hall, 2002.

Pinto, N., Tomaselli, G. Acuña, C., Cuenca Plestsch, L., Tortosa, N, Cabas Geat, Blas, Ulibarrie, M., Hacia un modelo de evaluación de calidad de procesos ágiles, Congreso Nacional de Ingeniería en Informática / Sistemas de información, Salta, 2016.

Pressman R. Ingeniería del Software, Un enfoque práctico, Séptima Edición, McGraw-Hill, 2010.

Ruiz de Mendarozqueta A., Andriano N. Un enfoque para la mejora continua basado en los principios ágiles, ASSE 2014 (Simposio Argentino de Ingeniería de Software), 43 Jornadas Argentinas de Informática, Universidad de Palermo, Buenos Aires, 4 y 5 de septiembre de 2014, disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Un-enfoque-para-la-mejora-continua-basado-en-los-Mendarozqueta-Andriano/96ce2848150434ba4de284434f7a3578c8d95035>.

Ruiz de Mendarozqueta A., Oliva P. Certificación ISO 9001:2008 en organizaciones ágiles dos experiencias de implementación, 4º Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información, CoNaIISI 2016, Universidad Católica de Salta, 17 al 18 de Noviembre de 2016.

Rujana M., Romero Franco N., Tortosa N., Tomaselli G., Pinto N. Análisis sobre adopción de metodologías ágiles en los equipos de desarrollo en PYMES del NEA, XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2016, Universidad Nacional de Entre Ríos, 14 y 15 de abril de 2016, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52992>.

Scalone F. Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software, Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, 2006, consulta: 15 de octubre de 2019, disponible en <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/z-tesisdepostgrado.htm>.

Sommerville I. Ingeniería de Software, Novena edición, Pearson - Addison Wesley, 2011.

Soza Zitto R., Blanc R., Pralong L., Alvarez C., Galaz S. Buenas Prácticas de SCRUM para alcanzar niveles de calidad en PYMES de desarrollo de software, XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2014, Galería de Arte del Museo Marítimo, Ushuaia (Tierra del Fuego), 7 y 8 de mayo de 2014, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/41504>.

Soza Zitto R., Blanc R., Pralong L., Alvarez C., Galaz S. El desafío de producir software de calidad aplicando prácticas de CMMI para las PYMES de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Primer Congreso Nacional de Ingeniería Informática/ Sistemas de Información, CoNaIISI 2013, Córdoba, 21 y 22 de Noviembre de 2013, consulta: 18 de octubre de 2020, disponible en: <http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/7/193-510-1-DR.pdf>.

Soares, F. S. F., de Lemos Meira, S. R. (2015). An agile strategy for implementing CMMI project management practices in software organizations. 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). doi:10.1109/cisti.2015.7170402.

Suárez Urresti, David Ronald y LEÓN Rodríguez, Giraldo de la Caridad (2019) Las PyME de desarrollo de software. Modelos de mejora de sus procesos en Latinoamérica, Revista Espacios, Vol. 40 N° 28.

SurveyMonkey (2021) <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>.

Telam, Las claves de la flamante Ley de Economía del Conocimiento, 26 de octubre de 2020, consulta: 18 de enero de 2021, disponible en: <https://www.telam.com.ar/notas/202010/528687-el-ejecutivo-promulgo-la-ley-de-economia-del-conocimiento.html>.

Tello, Pablo G. Evaluación de Calidad de un Producto de Software, Tesina de Licenciatura, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática, 2016, disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/58934>.

The Standish Group, The Standish Group Report: CHAOS, 1995.

The Standish Group, The Standish Group Report: CHAOS, 2015, consulta: 26 de noviembre de 2020, disponible en: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>.

Apéndice A. Encuesta

Preguntas GRUPO 1 - Sobre la empresa en la que se desempeña, sobre Ud., sobre los productos que en ese lugar se desarrollan y sobre el proceso que utilizan.

1. Puesto/Rol que actualmente Ud. ocupa dentro de la empresa

- a) socio-gerente
- b) analista funcional
- c) programador
- d) analista/programador
- e) project manager
- f) responsable de calidad
- g) tester
- h) área de ventas
- i) soporte
- j) diseñador gráfico
- k) otro puesto, especifique

2. ¿Cuál es el nivel de estudio alcanzado por la mayoría de los empleados de la empresa?

- a) secundario
- b) terciario
- c) universitario
- d) postgrado
- e) otro nivel de estudio, especifique

3. Especifique tamaño de la empresa en cantidad de personas

- a) 1 a 10 personas
- b) 11 a 20 personas
- c) Más de 20 personas

4. Especifique antigüedad de la empresa en años

- a) 1 a 5 años
- b) 6 a 10 años
- c) Más de 10 años

5. ¿Cuál es el mercado del software al que está orientada la empresa?

- a) clientes internos (de cualquier parte de Argentina)
- b) clientes externos (fuera de Argentina)
- c) ambos

6. ¿A qué sector de la economía pertenecen la mayoría de los clientes de la empresa?

- a) estatal
- b) agropecuario
- c) industrial
- d) servicios
- e) comercio
- f) salud
- g) recreación
- h) otro sector, especifique

7. ¿Qué tipos de desarrollos realiza la empresa?

- a) desarrollos a medida del cliente
- b) productos enlatados
- c) otro tipo de desarrollo, especifique:

8. ¿Qué modelos de proceso de desarrollo se aplican habitualmente en la empresa?

- a) modelo en cascada
- b) modelo en espiral
- c) proceso unificado RUP
- d) SCRUM
- e) XP
- f) KANBAN
- g) No se aplican modelos de proceso
- h) Otros modelos de proceso, especifique

9. Herramientas que utilizan en la empresa, como soporte a sus procesos de desarrollo. Herramientas para:

- a) Gestión de requerimientos
- b) Modelado y diseño
- c) Control de versiones
- d) Gestión de defectos
- e) Pruebas de software
- f) Entornos de desarrollo integrados
- g) Gestión de la calidad
- h) Integración continua
- i) Prototipado
- j) No se utilizan herramientas como soporte al proceso de desarrollo
- k) Otras herramientas, ¿Cuáles?

Preguntas GRUPO 2 - Sobre la importancia que tiene la calidad de software para la empresa.

10. ¿Dispone de personal en cantidad suficiente para realizar las distintas actividades del ciclo de vida de cada proyecto que abordan en la empresa?

- a) sí
- b) no
- c) no, pero realizamos contrataciones temporarias de terceros por proyecto
- d) NS/NC

11. ¿Se guardan datos históricos de los proyectos que abordan en la empresa?

- a) sí
- b) no
- c) NS/NC

12. ¿Se realizan estimaciones para cada proyecto que abordan en la empresa?

- a) sí
- b) no
- c) NS/NC

13. En caso de que se realicen estimaciones para cada proyecto que abordan en la empresa, ¿cuál es el interés principal?

- a) establecer duración/costo
- b) establecer esfuerzo/duración
- c) establecer tamaño/esfuerzo/duración
- d) establecer tamaño/esfuerzo/duración/costo
- e) NS/NC

14. ¿La empresa tiene definidos procesos de testing?

- a) Sí, hay una estrategia global de testing
- b) Sí, cada proyecto define su proceso de testing
- c) No, realizamos testing ad-hoc (pruebas informales)

d) No, no realizamos testing

15. ¿Quién realiza las pruebas del software que se desarrolla en la empresa?

- a) El área específica de testing
- b) El área específica de calidad de software
- c) El equipo de desarrollo de la empresa
- d) El área que solicita el requerimiento
- e) El área de sistemas de la empresa
- f) El usuario final (interno o externo)

16. ¿Realizan en la empresa test automáticos?

- a) si
- b) no

Preguntas GRUPO 3 - Sobre las políticas de calidad en el proceso de desarrollo de software y sobre la situación de las empresas en cuanto a certificaciones de calidad.

17. ¿Existe dentro de la empresa un área de control de calidad?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

18. ¿Los recursos humanos destinados a control de calidad tienen además otras funciones en el proyecto u otros proyectos?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

19. ¿Está de acuerdo con que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

20. ¿Qué significa para la empresa, la calidad en un software?

- a) que funcione bien
- b) que sea fácil de mantener
- c) que satisfaga las necesidades/requerimientos del cliente

21. ¿Ud. o algún miembro del personal, realizó alguna especialización o capacitación en gestión de calidad en desarrollo de software en los últimos dos años (seminario, curso, jornada, etc.)?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

22. ¿Considera Ud. que se promueven dentro de la empresa, capacitaciones sobre buenas prácticas en mejoras de procesos y gestión de calidad en el desarrollo de software?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

23. ¿Cuáles son los atributos que utilizan en la empresa a la hora de evaluar la existencia de calidad en sus productos software?

- a) no se realizan mediciones

- b) usabilidad
- c) eficiencia
- d) facilidad de recibir mantenimiento
- e) portabilidad
- f) funcionalidad

24. En caso de que no se realicen mediciones de atributos de calidad sobre los productos que se desarrollan, ¿cuáles son las razones?

- a) Falta tiempo y/o RRHH
- b) Muy costosas
- c) La información NO es usada
- d) NS/NC
- e) Otra razón, especifique:

25. ¿Cómo se implementa el proceso control de calidad en el desarrollo de los productos software que se generan en la empresa?

- a) se aplican métodos apropiados de la Ingeniería de Software
- b) se aplican buenas prácticas de administración de proyectos
- c) se realizan controles de calidad exhaustivos
- d) se cuenta con una estructura de aseguramiento de la calidad de software (ACS)
- e) no se realizan actividades de control y aseguramiento de la calidad en el proceso de desarrollo de software dentro de la empresa
- f) NS/NC

26. En la empresa, ¿se ocupan de relevar la opinión de los clientes respecto de la calidad de los productos que se les entregan?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

27. En caso de relevar la opinión de los clientes respecto de la calidad de los productos que se les entregan, ¿con que frecuencia lo realizan?

- a) Al menos una vez al año
- b) Al término de cada proyecto
- c) Otra frecuencia, especifique:

28. En general y de acuerdo a su experiencia, ¿los clientes, al momento de requerir productos o servicios, prefieren empresas que tengan una certificación en calidad o implementado un modelo de calidad de software?

- a) NS/NC
- b) si
- c) no, porque prefieren:

29. En general y de acuerdo a su experiencia, para una empresa de software, ¿por qué cree Ud. qué es útil y beneficioso contar con una certificación en calidad de software?

- a) porque le permite acceder a la ley de Promoción de la Industria del Software
- b) porque le permite avanzar sobre nuevos mercados
- c) porque mejora su competitividad
- d) porque le permite diferenciarse y entregar productos con valor agregado
- e) NS/NC

30. ¿Posee la empresa, alguna certificación de calidad de software (por ejemplo ISO) o ha implementado un modelo (por ejemplo CMMI)?

- a) ISO ¿cuál?
- b) CMMI ¿qué nivel?

- c) Otro modelo o norma de calidad, especifique:
31. ¿La empresa está adherida a la Ley de Promoción de la Industria del Software número 25.922?
- a) si
 - b) no
 - c) NS/NC
32. ¿Se dispone de algún documento en el que se exprese la política de calidad y sus objetivos?
- a) si
 - b) no
 - c) NS/NC
33. ¿Los objetivos en cuanto a calidad del software son medibles y coherentes con la política de calidad implementada?
- a) si
 - b) no
 - c) NS/NC
34. ¿Cómo evalúa los resultados post implementación de la norma, política o modelo de calidad?
- a) exitosos
 - b) parciales
 - c) negativos
 - d) sin resultados visibles todavía
 - e) no son los que se esperaban
 - f) NS/NC
35. Los beneficios obtenidos a partir de la implementación de la norma, ¿justifican la inversión?
- a) si
 - b) no
 - c) NS/NC
36. ¿Cuáles son los resultados obtenidos a partir de la implementación de la norma, política o modelo de calidad?
- a) reducción del re-trabajo
 - b) costos menores de mantenimiento
 - c) aumento de la satisfacción del cliente
 - d) cumplimiento de los cronogramas pactados
 - e) mejoras en la calidad del producto
 - f) reducción de costos de desarrollo
 - g) reducción del número de defectos (debido a su detección en las fases tempranas del ciclo de vida)
 - h) mejoras en la imagen de la empresa y apertura de nuevos mercados
 - i) ayuda a fomentar una cultura / compromiso de toda la organización, para con la calidad
 - j) reorganización de procedimientos y estandarización de actividades
37. ¿La implementación de la norma implica revisiones periódicas y seguimiento del proyecto?
- a) si
 - b) no
 - c) NS/NC
38. En caso de existir, podría mencionar las dificultades que se presentaron para obtener la certificación:
- a) proceso de pre-evaluación muy costoso
 - b) la norma es solamente aplicable a proyectos de largo plazo
 - c) la norma solamente define actividades de manera muy general
 - d) difícil de implementar para PYMES
 - e) demora en la obtención de resultados

- f) falta de asesoramiento gratuito
- g) no presentó dificultades en nuestra empresa
- h) NS/NC

39. En caso de no encontrarse en proceso de obtener una certificación de calidad de software, ¿su organización tiene planeado obtener una certificación en calidad de software en los próximos meses o años?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

40. A pesar de no haber implementado una norma de calidad dentro de la empresa, ¿considera que los procesos de su organización, se encuentran definidos, documentados y debidamente estandarizados?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

Preguntas GRUPO 4 - Sobre necesidades e intereses en relación a capacitación en calidad.

41. ¿Considera de interés para la empresa capacitarse en temáticas particulares de calidad en el desarrollo de software?

- a) si
- b) no
- c) NS/NC

42. En caso de estar interesado en capacitarse, ¿sobre qué temática de calidad de software en particular?

- a) Modelos de certificación de productos
- b) Modelos de certificación de procesos
- c) Aseguramiento de calidad de software
- d) Metodologías de testing de software
- e) Testing de aplicaciones Web
- f) Testing de aplicaciones de escritorio
- g) Modelos de mejora de proceso de testing
- h) Administración de proyectos de software
- i) Metodologías de desarrollo
- j) Metodologías ágiles de desarrollo
- k) Gestión de configuración de software
- l) NS/NC

43. ¿Sobre qué temática particular de calidad de software considera que es deficiente en la actualidad la oferta de capacitaciones para la empresa dentro de la ciudad de Santa Fe?

- a) Modelos de certificación de productos
- b) Modelos de certificación de procesos
- c) Aseguramiento de calidad de software
- d) Metodologías de testing de software
- e) Testing de aplicaciones web
- f) Testing de aplicaciones de escritorio
- g) Modelos de mejora de proceso de testing
- h) Administración de proyectos de software
- i) Metodologías de desarrollo
- j) Metodologías ágiles de desarrollo
- k) Gestión de configuración de software
- l) NS/NC