

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Ingeniería y gestión de software
Recibido: 17/03/2014 | Aceptado: 1/07/2014

Estrategia para desarrollar la perspectiva Procesos internos en un laboratorio de pruebas de software

Strategy to develop the internal processes perspective on software testing lab

Tayché Capote García ^{1*}, Yanet Brito Riverol ¹, Raykenler Yzquierdo Herrera ², Ailyn Febles Estrada ³

^{1*} Centro Nacional de Calidad de Software CALISOFT. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP.: 19370. Correo-e: ybrito@uci.cu

² Dirección de Investigaciones. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP.: 19370. Correo-e: ryzquierdo@uci.cu

³ Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP.: 19370. Correo-e: ailyn@uci.cu

* Autor para correspondencia: tcapote@uci.cu

Resumen

Las organizaciones deben brindar sus bienes o servicios con un alto grado de calidad, garantizando la satisfacción de sus clientes. Las normas, contribuyen a la estandarización de los procesos de las organizaciones, para lograr su acreditación y certificación a partir de estas, con reconocimiento a escala internacional. Las actividades relacionadas con las pruebas de software, se brindan como tendencia actual, bajo el principio del *outsourcing* en las Factorías de Pruebas. Existen modelos de referencia para estas organizaciones, los cuales definen un conjunto de buenas prácticas a realizar, con el objetivo de llevar a cabo una mejora de procesos. Sin embargo, no toman en cuenta lo definido en las normas de la Organización Internacional de Normalización, en función de facilitar la acreditación y certificación del laboratorio de pruebas y lograr un aumento en la eficiencia de las pruebas. En este trabajo se presenta una estrategia para desarrollar la perspectiva procesos internos en un laboratorio de pruebas de software que brinda servicios *outsourcing*, facilitando su acreditación y certificación, así como un aumento en la eficiencia de las pruebas de software. La propuesta considera las normas NC-ISO/IEC 9001: 2008, NC-ISO/IEC 17025:2006 y NC-ISO/IEC 9126-1:2005. Se elaboró la Guía de requisitos complementarios, esencial para la interpretación de la norma de acreditación. Se aplicó la propuesta en un entorno real, evidenciándose excelentes resultados en los tres métodos aplicados para su validación.

Palabras clave: acreditación, certificación, normas internacionales, procesos estandarizados, pruebas de software.

Abstract

Organizations must provide their products or services with a high degree of quality, ensuring customer satisfaction. The standards contribute to the standardization of processes of organizations to achieve their accreditation and certification from these, with international recognition. The activities related to software testing, are provided as the current trend, under the principle of outsourcing in the Testing Factories. There are role models for these organizations, which define a set of best practices to be done with the aim of carrying out a process improvement. However, do not take into account defined in the standards of the International Organization for Standardization, in order to facilitate the accreditation and certification test lab and achieve an increase in testing efficiency. This paper presents a strategy to develop the internal processes perspective in a laboratory test that provides software

outsourcing services, facilitating their accreditation and certification as well as an increase in the efficiency of software testing. The proposal considers the standards NC-ISO/IEC 9001: 2008 and NC- NC-ISO/IEC 17025:2006 ISO / IEC 9126-1:2005. The additional requirements guide was developed, essential for the interpretation of the accreditation standard. The proposal was implemented in a real environment, showing excellent results in all three methods used for validation.

Keywords: *accreditation, certification, international standards, software testing, standardized processes.*

Introducción

Las organizaciones que brindan bienes o servicios, tienen el reto de ofertarlos con un alto grado de calidad y deben ser capaces de satisfacer las expectativas del cliente. Alcanzar este reto ha demostrado en la práctica, que la calidad de los productos está íntimamente ligada a la calidad de los procesos utilizados para desarrollarlos y mantenerlos. Por esto, las organizaciones buscan la estandarización de sus procesos, para la acreditación o certificación según modelos y estándares de calidad reconocidos a escala internacional (ENAC, 2011).

Para lograr lo anterior, sobresalen las normas de la Organización Internacional de Normalización (normas ISO, por sus siglas en inglés) (ISO, 2012), por su carácter general y la amplitud de temas que tratan. Estas normas de manera general, y con mayor fuerza la ISO/IEC 9001, se ha consolidado como el referente mundial para la gestión de la calidad y como punto de encuentro para las organizaciones de todo tipo, tamaño y actividad con sus clientes y proveedores (García, 2013). Las normas son un modelo, un patrón, ejemplo o criterio a seguir. La finalidad principal de estas es orientar, coordinar, simplificar y unificar los usos, para conseguir menores costes y efectividad.

Para los laboratorios especializados en pruebas de software, el argumento de la calidad es exhibido como clave en cada uno de sus procesos, considerando la multitud de elementos que intervienen en la ejecución de las pruebas e influyen en su resultado correcto. También se debe considerar que en este tipo de laboratorio, pueden ensayarse o probarse software destinados a la automatización de áreas sensibles de la vida de los hombres, por tanto, implica que se debe trabajar bajo las mayores medidas de garantías en la obtención de resultados confiables y seguros. Por esta razón, los clientes de la industria de software, prefieren productos de sus proveedores que estén ensayados por un laboratorio acreditado internacionalmente (Brito Riverol y Capote García, 2012).

En la actualidad existe una tendencia internacional de externalizar las actividades que necesitan de habilidades e infraestructura específica, como es el caso de las pruebas de software (Simon, Poston y Kettinger, 2009). La globalización industrial y las actividades de externalización u *outsourcing* se han incrementado de forma sustancial en los diferentes sectores industriales y de servicios. Es una práctica común tanto en organizaciones privadas como públicas y es un elemento esencial en su estrategia de negocio (Kremic, Tukel y Rom, 2006). Algunas entidades aplican los principios del *outsourcing* a través de las Factorías de Pruebas de Software, las que disponen de los recursos necesarios, tanto personas como procesos e infraestructura, que permitan proporcionar y gestionar de forma eficiente los servicios ofrecidos (Koomen, Van der Aalst, Broekman y Vroon, 2006). Estas organizaciones, con el objetivo de ofrecer ventajas competitivas, requieren de un modelo de procesos que proporcione el soporte adecuado para llevar a cabo actividades de pruebas de software, en una estructura orientada al servicio. Además, demanda aspectos organizativos y de gestión, que permitan implantar y gestionar un proceso de pruebas disciplinado y bien definido en la organización (Sanz, 2012), considerando como base que debe ser eficiente.

Los procesos y su gestión, son esenciales en este tipo de organización. La familia de normas de la *International Standards Organization* (ISO), ISO/IEC 9001:2008. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos, define la gestión por procesos como uno de sus ocho principios de calidad. En esta norma se afirma que un resultado se alcanza más eficientemente, cuando las actividades y los recursos se gestionan como un proceso (ISO, 2008).

En los últimos años, han surgido diferentes modelos de referencia de procesos, cuyo propósito es proporcionar las guías adecuadas para que las organizaciones pongan en marcha iniciativas de mejora de procesos, que permitan incrementar la calidad tanto de sus procesos como de sus productos. Los modelos más difundidos internacionalmente en el área de las pruebas (CMMI, 2009) (Veenendaal, 2012) (Koomen, Van der Aalst, Broekman y Vroon, 2006) (Koomen y Pol, 2001) (Sanz, García, Saldaña y Amescua, 2012), definen un conjunto de buenas prácticas a realizar dentro de una organización, con el objetivo de llevar a cabo una mejora de procesos. Sin embargo, de manera general son modelos privativos, por lo que lograr el acceso completo a la información asociada a ellos se dificulta, así como su implementación. Además, es importante señalar después de realizar un estudio de estos, que excepto el caso del modelo propuesto por Sanz, no definen los procesos, solo se identifican requisitos que deben ser cumplidos por las organizaciones.

De manera general se puede precisar, que no son modelos que permitan a las Factorías de Pruebas de Software, sistematizar el control de la gestión de las pruebas de software, a partir de indicadores organizados por las áreas de creación de valor de la organización. No consideran la influencia que tienen otros elementos o procesos que conforman la organización en la actividad fundamental, asegurando la obtención y análisis de la información relevante, con el fin de lograr eficiencia en las pruebas de software. Tampoco se considera lograr el aprendizaje organizacional a partir del aprendizaje individual de los miembros de la organización. En algunos casos, se contemplan elementos aislados, pero al no integrarse estas buenas prácticas, no se alinean en función de lograr la visión de la organización. No existe referenciado un modelo específicamente orientado al desarrollo de las actividades de pruebas de software, formalizado, bien definido y completo; que permita implantar y ejecutar un proceso de pruebas eficiente en la organización.

Considerando los elementos anteriores, el objetivo del presente trabajo es presentar una estrategia para desarrollar la perspectiva Procesos internos en un laboratorio que brinda servicios *outsourcing* de pruebas de software. Esta perspectiva es un componente esencial de un modelo para la gestión de los procesos en las Factorías de Pruebas de Software, desarrollado por una de las autoras de la presente investigación. La estrategia que se muestra en este trabajo considera la estandarización de los procesos de la organización, a partir de normas internacionales de calidad que permiten la posterior acreditación y certificación de esta.

Materiales y métodos

Inicialmente se identificaron las normas ISO que tributan a la acreditación y certificación de un laboratorio, así como las relativas a las pruebas de software. La NC-ISO/IEC 9001: 2008 (ISO, 2008) está relacionada con los Sistemas de Gestión de la Calidad, es aplicable en cualquier tipo de organización y al implementarla correctamente se logra certificar la organización. En el caso de la NC-ISO/IEC 17025:2006 (ISO, 2006), comprende los Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, por lo que mediante su implementación es

posible acreditar el laboratorio. Mediante la certificación se garantiza la satisfacción de requisitos de un sistema de gestión de la calidad, mientras que con la acreditación se alcanza la demostración de la competencia técnica.

En el ámbito de las pruebas se destaca la NC- ISO/IEC 9126-1:2005 Ingeniería de Software Calidad del Producto, Parte 1: Modelo de la calidad. Esta norma es esencial, pues para el establecimiento de los requisitos durante el desarrollo del software, así como para la evaluación de su conformidad y certificación, resulta necesario delimitar un modelo de calidad como el que orienta esta norma (Heck, Klabbers y van Eekelen, 2010). En la presente investigación se considera el análisis realizado en (Capote García, 2011), que define el modelo de calidad basado en esta norma como el más completo. Actualmente se está definiendo la familia de normas ISO/IEC 25 000, que nace con el objetivo de unir el modelo de calidad definido en la ISO/IEC 9126 y el proceso de evaluación de la ISO/IEC 14598 (Rodríguez y Piattini, 2012). Considerando que no está formalmente aprobada, se decidió tomar como referencia la NC- ISO/IEC 9126-1:2005 y darle seguimiento a su evolución.

También existe la NC-ISO/IEC 29119 Tecnología de la información-Paquetes de software-Requisitos de calidad y ensayos/pruebas, que constituye una guía en el ámbito de las pruebas de software, pues establece aspectos como conceptos, vocabulario, procesos, niveles, técnicas y documentación. Cuando se estaba realizando la presente investigación, este estándar estaba en desarrollo, por lo que no se tomó en cuenta en la investigación (Tuya, 2009).

Una vez identificadas las normas esenciales, se elaboró una estrategia para desarrollar la perspectiva Procesos internos en un laboratorio de pruebas de software que brinda servicios *outsourcing*, facilitando su acreditación y certificación, así como un aumento en la eficiencia de las pruebas de software. La estrategia se definió en cuatro fases, representadas en la Figura 1 mediante un diagrama de actividades. Posteriormente se precisan las principales actividades llevadas a cabo en cada una.

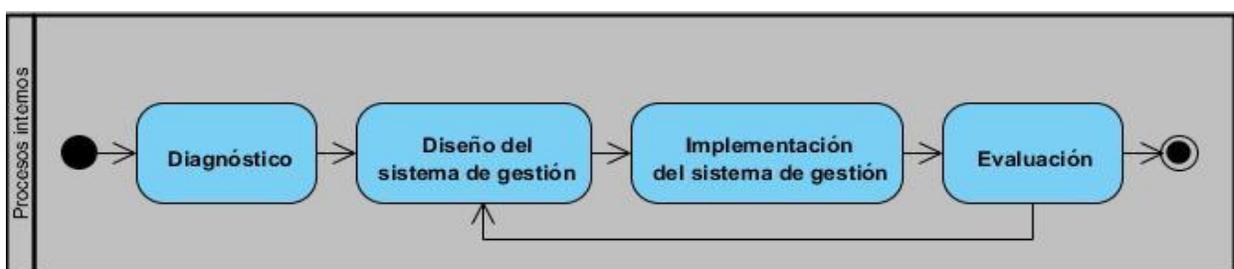


Figura 1. Representación gráfica de las etapas de la estrategia para desarrollar los Procesos internos. Fuente: Elaboración propia.

Fase 1: Inicio-Diagnóstico. La esencia de esta fase es la realización del diagnóstico a la organización. Para desarrollarla se definen tres actividades fundamentales: Diagnóstico, Reunión con la dirección y Constitución del grupo de trabajo.

Diagnóstico: Se realiza con el objetivo de conocer la situación en la que se encuentra el laboratorio en materia de gestión de la calidad, así como evaluar el grado de adecuación a lo planteado por las normas NC-ISO/IEC 17025:2006 y NC-ISO/IEC 9001: 2008, que permiten la posterior acreditación y certificación de la organización respectivamente. Para desarrollarlo se elaboró una lista de chequeo considerando el documento Guía de requisitos complementarios, en el que se definen un conjunto de requisitos específicos, tanto de gestión como técnicos en función de la acreditación de ensayos o pruebas al software. Al aplicar la lista de chequeo se identifica el estado de cada requisito, ponderando los resultados según los valores definidos en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores del cumplimiento de cada requisito.

Valor	Estado del requisito
0%	A- No aplicado, ni documentado/No existe.
25%	B- Documentado, no aplicado.
50%	C- Aplicado, no documentado.
75%	D- Aplicado y documentado.
100%	E- Aplicado, documentado y controlado.
NA	No aplica.

Una vez realizada la evaluación, se exponen los resultados en un informe, a partir del cual se derivan actividades como: definir responsabilidades, plazos y lineamientos, frente a cada elemento del sistema de gestión identificado. Este informe incluyó una trazabilidad de la lista de chequeo aplicada, respecto a los resultados obtenidos. El documento resultante es la entrada de la siguiente actividad.

Reunión con la dirección: El informe elaborado en la actividad anterior, se presenta a la dirección de la organización para su análisis y aprobación. Debe definirse un grupo, conformado por especialistas de la organización, que tengan la responsabilidad de coordinar e implementar el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en la entidad. Esta actividad es muy importante, pues en las normas se precisa que la dirección de la organización define, conduce y da seguimiento al desarrollo e implantación del sistema de gestión, de acuerdo a las políticas y objetivos del laboratorio. Para este propósito, debe proveer los recursos necesarios para el óptimo desarrollo del sistema y sus respectivas revisiones.

Constitución del grupo de trabajo: Una vez aprobado el grupo de trabajo en la reunión con la dirección, debe constituirse oficialmente con la responsabilidad de coordinar e implantar un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) en el laboratorio. Sus funciones principales deben ser: establecer la política de calidad; planificar, orientar y dar seguimiento al desarrollo e implantación del SGC; y asignar los recursos necesarios, en coordinación con la dirección, ya comprometida con esta estrategia.

Fase 2: Diseño del sistema de gestión. En esta fase se definen cuatro actividades: Capacitar al personal, Diseñar el sistema de gestión, Identificar la documentación de gestión y técnica y Definir plantillas, documentos tipo.

Capacitar al personal: Considerando la importancia que tiene involucrar a todo el personal del laboratorio en el desarrollo del sistema, es imprescindible realizar acciones de capacitación y formación durante el proceso de implantación. Las actividades de capacitación deben estar vinculadas a la motivación, organización y gestión para llevar a cabo la implementación del sistema. La formación, por su parte, debe considerar aspectos técnicos de las actividades propias de cada especialista según su rol dentro del laboratorio. Las actividades de capacitación y formación deben registrarse en planes individuales definidos para cada especialista de la organización.

Diseñar el sistema de gestión: Para llevar a cabo esta actividad, debe considerarse el modelo de calidad a implantar a partir de la NC- ISO/IEC 9126-1:2005, así como los resultados del diagnóstico realizado en la fase anterior. Debe definirse la estructura documental del sistema de gestión, así como la pirámide documental presentada en este trabajo según cuatro niveles jerarquía (Figura 2). Posteriormente, debe diseñarse la estructura del repositorio en el que deben

archivarse y gestionarse los documentos que se definan. Se propone en la presente investigación que sea un repositorio digital utilizando la herramienta Subversion y que la información se organice en ocho áreas de trabajo: Administración, Bibliografía, Documentos externos, Documento obsoletos (almacenamiento histórico), Procedimientos del sistema de gestión y Procesos claves, estratégicos y de apoyo. Para concluir esta actividad, se debe definir la política de calidad, los objetivos de calidad y actualizar el organigrama del laboratorio si es necesario.



Figura 2: Pirámide documental del sistema de gestión de calidad. Fuente: Elaboración propia.

Identificar la documentación de gestión y técnica: La documentación de gestión y técnica que se defina para el SGC, debe ser la mínima indispensable para especificar y regular de forma clara y precisa los procesos de la organización. Esta debe ser dinámica y adaptable, por lo que es esencial el control de versiones y su correcta identificación para el registro. Primeramente deben identificarse los procesos, clasificándolos en claves, estratégicos y de apoyo. Para esto, deben ser consideradas las áreas de creación de valor definidas para este tipo de organización en función de complementar los procesos, esencialmente el proceso de pruebas de software. Estas son: Aprendizaje y crecimiento (desarrollo del personal, gestión del conocimiento), Formación de roles, Clientes y Recursos materiales. Los procesos estratégicos deben comprender los destinados a la gestión de las actividades y servicios con una mirada estratégica para la organización, estos pueden ser: Protección y control de los medios básicos, Auditorías internas, Acciones correctivas y preventivas y Formación y capacitación de los recursos humanos. Por su parte, los procesos claves reúnen los procesos esenciales, destinados a brindar los servicios de cara al cliente: Evaluación de productos y Formación de roles. Los procesos de apoyo son los que contribuyen y soportan el desarrollo de los procesos claves, dígame: Control de la calidad y los servicios; Revisión de los pedidos, ofertas y contratos; Sub-contratación de ensayos; Compra de servicios y suministros; Satisfacción del cliente; y Manipulación y protección de entornos de prueba. Deben identificarse además los registros e informes necesarios, considerando los más importantes: Registro de no conformidades, Registro de entornos de pruebas, Registro de personal externo, Registro de evaluaciones, Reporte sobre el estado de la evaluación e Informe de evaluación.

Definir plantillas, documentos tipo: Una vez identificada la documentación de gestión y técnica necesaria para el laboratorio, deben definirse las plantillas y los documentos tipos como guía para su elaboración.

Fase 3: Implementación del sistema de gestión. En esta fase los procesos deben ser documentados, en aras de lograr estandarización y orientar al personal hacia una cultura de organización, a partir del diseño realizado en la etapa anterior. Las actividades que se desarrollan son: Elaborar la documentación, Elaborar el Manual de Calidad y Pilotar el sistema de gestión.

Elaborar la documentación: Debe elaborarse toda la documentación asociada a los procesos de gestión que posibilitan la ejecución y calidad de los ensayos, o puramente la realización técnica de estos, considerando las plantillas elaboradas en la fase anterior. Para desarrollar esta actividad la organización puede tomar como referentes procesos ya elaborados o definir los propios. Como parte de la investigación en la que se elabora el modelo del que es parte la presente estrategia, se definen los procesos adaptados a las características de las Factorías de Pruebas de Software. En la Figura 3 se muestran las etapas definidas para el proceso clave Evaluación de productos de software, en torno al cual se desarrollan las áreas de creación de valor mencionadas anteriormente. Para la especificación de las etapas del proceso, se tuvieron en cuenta los referentes principales en la literatura sobre las fases definidas para procesos de pruebas de software y las características de las Factorías (Hetzl, 1988) (Kit y Finzi, 1995) (Whittaker, 2000) (Kaner, Bach y Prettichord, 2001) (Black, 2002) (Pol, Teunissen y Van Veenendaal 2002) (ISTQB, 2005) (Pérez Lamancha, 2006). Este proceso tiene una relación directa con el proceso estratégico Prestación de servicio. Los documentos elaborados deben ser distribuidos a los usuarios potenciales, con el fin de comentar y evaluar su facilidad de aplicación. Posteriormente se presentan a la dirección de la organización para su aprobación.



Figura 3. Representación gráfica de las etapas del proceso de Evaluación de productos de software. Fuente: Elaboración propia.

Elaborar el Manual de Calidad: Este manual debe reflejar de forma precisa, completa y concisa la política de calidad, los objetivos y los procedimientos documentados vigentes de la organización. Deben relacionarse las secciones del manual con los requisitos de las normas.

Pilotar el sistema de gestión: El sistema de gestión diseñado y elaborado debe ser implementado en la organización a través de un piloto. Las necesidades de cambio en los documentos que surjan a raíz de su pilotaje, deben ser analizadas en mesas de trabajo y talleres para determinar las modificaciones a realizar en los documentos.

Fase 4: Evaluación. Esta fase permite el perfeccionamiento de lo diseñado e implementado, a partir de un exhaustivo control y la detección de no conformidades, definidas como incumplimientos de requisitos. La evaluación se debe realizar mediante visitas de control, así como auditorías internas y externas, contempladas en un Plan de visitas y auditorías. Las visitas de control deben ser desarrolladas por personal capacitado de la organización y la dirección de esta. Las auditorías internas las ejecuta personal de la organización que tenga formación como auditor. En el caso de las externas deben ser realizadas con especialistas externos, que tengan preparación como auditores nacionales. En todos los casos deben elaborarse informes con los hallazgos de la evaluación y los planes de acciones correctivas, preventivas y mejora, según corresponda.

Una vez ejecutadas estas actividades y cuando el resultado de las evaluaciones al sistema de gestión, indiquen que la organización cumple con los requisitos de las normas, puede pasarse al paso formal de la acreditación y certificación.

Esta actividad debe ser conciliada con el organismo facultado para acreditar o certificar, en función de su capacidad y planificación.

Resultados y discusión

Las actividades descritas anteriormente fueron implementadas en el laboratorio de pruebas del Centro Nacional de Calidad de Software (CALISOFT) de Cuba, como parte del diseño e implementación de un modelo para aumentar la eficiencia de las pruebas de software. Para evidenciar la aplicación y validez de la estrategia propuesta, se aplicaron un grupo de técnicas y métodos de investigación, los cuales se precisan a continuación.

Una vez diseñada la estrategia, se realizó una entrevista a profundidad a especialistas y directivos de las áreas de informática y normalización, con conocimientos y experiencia en temas de acreditación de laboratorios, que pertenecen a tres entidades nacionales. Se realizó una explicación sobre la estrategia y fueron ejecutadas ocho preguntas, como guía para la entrevista. Los entrevistados estuvieron de acuerdo con la estrategia propuesta, catalogándola de innovadora, muy adecuada y pertinente para el fin propuesto. Además, expresaron su conformidad respecto a la posibilidad de su generalización a otros laboratorios de pruebas de software, por su carácter flexible y dinámico. Con respecto a la Guía de requisitos complementarios, manifestaron su completitud y usabilidad, ya que incorpora la experiencia práctica del trabajo del propio laboratorio, así como los elementos abordados en la literatura internacional. De manera colateral, propusieron su estudio por el Comité Técnico de Normalización de la Informática de Cuba para su generalización en el país, y como soporte para la elaboración de una nueva versión del Reporte técnico ISO/IEC 13233: 1995 (Guía para la interpretación de los requisitos de acreditación), que está obsoleto.

Posteriormente, se contrastaron los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial y la última auditoría externa realizada, con relación a la implementación de los procesos. Para esto se consideraron los valores de cumplimiento definidos en la Tabla 1 del presente trabajo. En la Figura 4 se muestran los resultados en ambos casos, evidenciándose una marcada diferencia y la tendencia positiva de implementación de los requisitos definidos en las normas. El eje de las x lo definen los valores de cumplimiento y el eje de las y la cantidad de requisitos definidos en las normas.

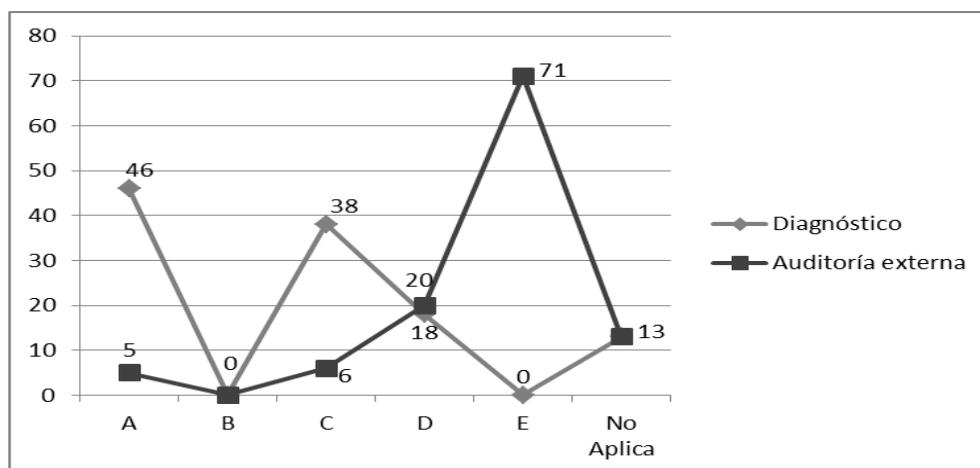


Figura 4. Comparación entre los resultados del diagnóstico y la auditoría externa. Fuente: Elaboración propia.

Una vez aplicadas las técnicas anteriores, se realizó un cuasi experimento con pre-prueba, post-prueba y grupos intactos, para demostrar que hubo un aumento de la eficiencia de las pruebas de software, posterior a la aplicación de la propuesta. En el diseño experimental se definen cuatro grupos y dos momentos. Cada grupo está asociado a un artefacto que es probado en el laboratorio, siendo seleccionado el artefacto Portal web para ser presentado en este

trabajo. Los momentos están asociados a antes de aplicar la propuesta y después de aplicada. El antes considera observaciones de las pruebas realizadas durante los años 2008 y 2009, sin aplicar la propuesta. En el caso del después, se contemplan las observaciones correspondientes a los años 2010, 2011, 2012 y 2013, durante los cuales se llevó a la práctica la propuesta completa, o sea, la implementación del modelo completo. Se calculó una Unidad de complejidad (UC), considerando la cantidad de casos de uso o requisitos de complejidad alta, media y baja de cada portal web probado, mediante la siguiente expresión:

$$UC = (CA * 2) + (CM * 1.5) + CB$$

siendo *CA*: cantidad de casos de uso o requisitos de complejidad alta, *CM*: cantidad de casos de uso o requisitos de complejidad media y *CB*: cantidad de casos de uso o requisitos de complejidad baja.

Además, se cuenta con la cantidad de días que se demoró una iteración de prueba y la cantidad de probadores que intervinieron en esta. Con estos datos y la Unidad de complejidad calculada anteriormente, se halla un valor μ , el que representa el volumen de trabajo realizado por una persona en un día laboral. μ se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\mu = UC / (CD * CP)$$

donde, *CD*: cantidad de días que demoró una iteración de pruebas y *CP*: cantidad de probadores.

Para comparar las observaciones correspondientes a los dos momentos analizados (antes y después de la propuesta) se aplica el test no paramétrico de signos con rangos de Wilcoxon, evidenciándose diferencias significativas entre estos. En la siguiente gráfica se muestran los valores μ de los artefactos probados en ambos momentos (ver Figura 5). Se representa en el eje de las *x* la cantidad de portales web probados en el laboratorio y en el eje de las *y* los valores obtenidos de μ según el cálculo definido anteriormente:

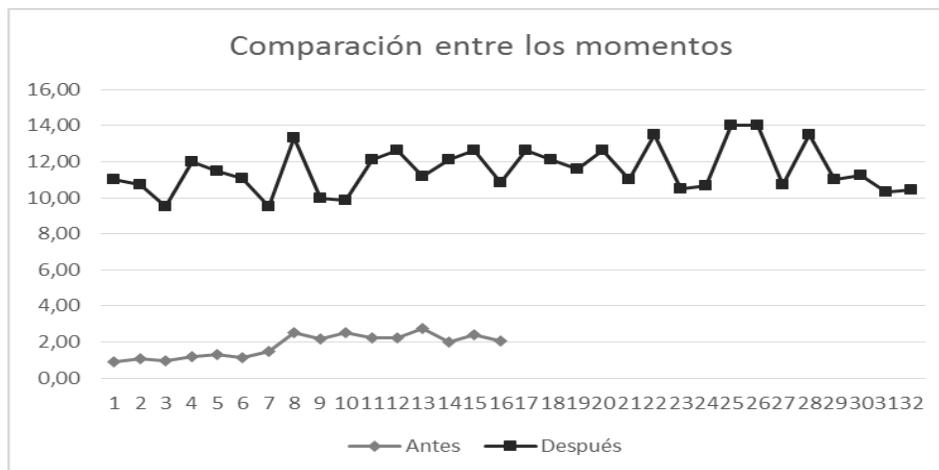


Figura 5: Comparación entre los momentos. Fuente: Elaboración propia.

Para entender las diferencias detectadas se realizan las comparaciones por pares utilizando el test de Mann-Whitney. Al comparar entre los años correspondientes al antes, no se obtienen diferencias significativas. Esto mismo ocurre entre los años después de aplicada la propuesta. Al realizar comparaciones por pares tomando diferentes combinaciones con un año correspondiente al antes y uno al después, se obtienen diferencias significativas.

Conclusiones

La calidad de los productos está íntimamente ligada a la calidad de los procesos utilizados para desarrollarlos y mantenerlos. En este sentido las normas ISO, se han convertido en referencia de calidad para numerosos sectores. A partir de estas, las organizaciones estandarizan sus procesos y pueden lograr acreditarse y certificarse según modelos y estándares de calidad reconocidos a escala internacional.

Las organizaciones que brindan servicios *outsourcing* de las pruebas de software, deben ser eficientes para lograr que sus clientes reduzcan costos, tiempos y mejoren la calidad del proceso y el producto. Las Factorías de Pruebas aplican estos principios y aunque existen algunos modelos de referencia, no toman en cuenta lo definido en las normas ISO, en función de lograr la acreditación y certificación del laboratorio de pruebas. De manera general, estos modelos solo definen políticas, objetivos o elementos generales que deben considerarse en la definición de los procesos, pero no los describen.

La presente propuesta, considera las tendencias actuales relacionadas con la acreditación y certificación de organizaciones, las normativas establecidas para ello y su aplicabilidad en el área de ensayos al software. Fue diseñada e implantada una estrategia para desarrollar la perspectiva procesos internos en un laboratorio de pruebas de software que brinda servicios *outsourcing*, facilitando su acreditación y certificación, así como un aumento en la eficiencia de las pruebas de software. Se definió el documento Guía de requisitos complementarios, para la interpretación de la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 en laboratorios de prueba, como aporte de la investigación.

La estrategia fue validada a través de los resultados de una entrevista a profundidad realizada a especialistas y directivos con conocimientos y experiencia en temas de acreditación y certificación de laboratorios. Además, se mostró una comparación entre los resultados del diagnóstico inicial y la última auditoría externa, evidenciándose una diferencia significativa y una tendencia positiva de implementación de los requisitos definidos en las normas. Los datos recopilados al aplicarse en un entorno real, se utilizaron en un diseño experimental que mostró resultados positivos.

Referencias

- BLACK, R. “Managing the Testing Process, 2nd Edition”. Editorial John Wiley & Sons, Inc. New York, Estados Unidos de América, 2002. ISBN 0-471-22398-0. 528 páginas.
- BRITO R, Y. Y CAPOTE G, T. Propuesta de acreditación del laboratorio industrial de pruebas de software. En: 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2012). Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI Inc.), Panamá, LACCEI Inc., 2012, Extended Abstract #91. ISBN-10 978-0-9822896-5-5.
- CARNEGIE MELLON UNIVERSITY. CMMI for Development, Versión 1.3. CMMI Product Team, Pittsburg, Estados Unidos de América. No. reporte: CMU/SEI-2009-TR-001, 2009. [Consultado en: Marzo de 2012]. Disponible en: www.sei.cmu.edu/cmmi/
- CAPOTE G, T. Conceptualización e implantación de un Laboratorio Industrial de Pruebas de Software. Tesis de Maestría. Universidad de las Ciencias Informáticas, Dirección de Calidad de Software, La Habana, 2011.
- ENAC, Entidad Nacional de Acreditación. ¿Qué es la Acreditación? [En línea] Sitio oficial de la Entidad Nacional de Acreditación de España ENAC, 2011. [Consultado en: Octubre de 2012]. Disponible en: <http://www.enac.es/web/web/enac/acreditación>.

- GARCÍA, J. La futura ISO 9001. Revista Calidad. Asociación Española para la Calidad, 2013, No. 2: 36-40. ISSN: 156-4915. Disponible en: <http://www.aec.es/web/guest/publicaciones/revista-calidad>.
- HECK, P.; KLABBERS, M Y VAN EEKELEN, M. A software product certification model. Software Qual J, 2010, 38: 17-45. DOI 10.1007/s11219-009-9080-0.
- HETZEL, B. “The complete guide to Software Testing, 2nd Edition”, QED Information Sciences Inc., Wellesley, MA, Estados Unidos de América, 1988. ISBN 0-89435-242-3. 280 páginas.
- ISO, International Standard Organization. ISO Survey [En línea]. Sitio oficial de la International Standard Organization ISO, 2012. [Consultado en: Septiembre de 2013]. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey.htm>.
- ISTQB, International Software Testing Qualifications Board. Certified Tester Foundation Level Syllabus, Versión 2005. <http://www.istqb.org/fileadmin/media/SyllabusFoundation.pdf>
- KANER, C.; BACH, J. Y PRETICHORD, B. “Lessons Learned in Software Testing”, John Wiley & Sons, Inc. New York, Estados Unidos de América, 2001. ISBN 0471081124. 320 páginas.
- KIT, E Y FINZI, S. “Software Testing In The Real World: Improving The Process”, Addison Wesley, New York, Estados Unidos de América, 1995. ISBN 0-201-87756-2. 252 páginas.
- KOOMEN, T Y POL, M. Test Process Improvement. Addison-Wesley, Harlow, Essex, 2001. ISBN: 0-201-59624-5.
- KOOMEN, T.; VAN DER A, L.; BROEKMAN, B. Y VROON, M. TMap Next for result- driven testing. Holanda, UTN Publishers, 's-Hertogenbosch, 2006. ISBN 90-72194-79-9. 229 páginas.
- KREMIC, T, ICMELI T, OYA Y ROM, W O. Outsourcing decision support: a survey of benefits, risks, and decision factors. Supply Chain Management: An International Journal, 2006, 11 (6): 467-482. ISSN 1359-8546.
- NC-ISO/IEC 9001:2008. Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos. La Habana, Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2008.
- NC ISO/IEC 17025: 2006. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. La Habana, Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2006.
- PÉREZ L, B. Proceso de testing funcional independiente [Tesis de Maestría]. PEDECIBA Informática, Instituto de Computación (InCo), Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 2006.
- POL, M.; TEUNISSEN, R. Y VAN VEENENDAAL, E., “Software Testing, A guide to the TMap Approach”, Addison Wesley, Estados Unidos de América, 2002. ISBN: 0-201-74571-2. 564 páginas.
- RODRÍGUEZ, M Y PIATTINI, M. Systematic review of software product certification. En: Information Systems and Technologies (CISTI), 7th Iberian Conference. Madrid, España: IEEEExplore, 2012, 1-6). ISSN: 2166-0727.
- SANZ, A., GARCÍA, J., SALDAÑA, J. Y AMESCUA, A. A proposal of a process model to create a Test Factory. En: Software Quality, WOSQ '09. ICSE Workshop 2009. Vancouver, Canadá: IEEEExplore, 2009, pp. 65-70. Print ISBN: 978-1-4244-3723-8.
- SIMÓN, J.C; POSTON, R.S Y KETTINGER, B. Creating Better Governance of Offshore Services. Information System Management, 2009, 26(2): 110-122, ISSN 1058-0530.

- SANZ E, A. Marco Metodológico para la mejora de las actividades de Verificación y Validación de Productos Software. Tesis Doctoral. Leganés, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Informática, 2012.
- TUYA, J. El futuro estándar ISO/IEC 29119 - Software Testing. REICIS. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, 2009, 5(4): 33-35. ISSN: 1885-4486.
- VEENENDAAL, E.V. Test Maturity Model integration (TMMi). TMMi Foundation, Release 1, Irlanda, 2012.
- WHITTAKER, J. "What is Software Testing? And Why Is It So Hard?", IEEE Software, 2000, 17(1): 70-79. ISSN: 0740-7459