

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Ingeniería y gestión de software
Recibido: 27/03/2018 | Aceptado: 23/04/2018

Marco de Trabajo para gestionar actividades de calidad

Framework to manage software quality activities

MSc. Aymara Marin Diaz¹, DrC. Yaimí Trujillo Casañola¹, MSc. Denys Buedo Hidalgo²

¹ Dirección de Calidad de Software. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. Carretera San Antonio Km 2 1/2. {amarin, yaimi}@uci.cu

² Vicerrectoría de Tecnología. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. Carretera San Antonio Km 2 1/2. dbuedo@uci.cu

* **Autor para correspondencia:** amarin@uci.cu

Resumen

La presente investigación presenta un marco de trabajo para gestionar actividades de calidad en los proyectos de desarrollo de software, que permite la detección de defectos y no conformidades durante el ciclo de vida de un proyecto y más cercano al momento donde se introducen, teniendo en cuenta la experiencia de las organizaciones y las tendencias nacionales e internacionales en el área del conocimiento de la calidad de software. En el marco de trabajo se proponen: actividades de calidad, técnicas y métodos para llevarlas a cabo, niveles en los que deben realizarse, roles y responsabilidades, herramientas, productos de trabajo e indicadores. La propuesta es independiente a la metodología de desarrollo utilizada y al tipo de proyecto de desarrollo de software. Se proponen guías de adaptación para pequeñas y medianas organizaciones. Para corroborar la validez del marco de trabajo se realizó una triangulación metodológica empleando métodos y técnicas de alta referencia internacional.

Palabras clave: actividades, calidad, defectos, pruebas, revisiones.

Abstract

This research presents a framework to manage quality activities in software development projects, which allows the detection of defects and nonconformities during the life cycle of a project, closer to the moment when they are released, taking into account the experience of organizations as well as national and international trends in the area of knowledge of software quality. The framework proposes quality activities, techniques and methods to carry them out, levels at which they should be carried out, roles and responsibilities, tools, work products and indicators. The

proposal works regardless the development methodology used and the type of software development project. Adaptive guides are proposed for small and medium-sized organizations. In order to corroborate the validity of the framework, a methodological triangulation was made using methods and techniques of prestigious international reference.

Keywords: *activities, defects, quality, reviews, test.*

Introducción

La industria de software ha alcanzado un papel importante dentro de la economía global por los elevados ingresos que de ella se obtienen al año. Se desarrolla a un ritmo acelerado, aunque la producción aún no satisface la demanda y los costos son altos, debido, en la mayoría de los casos, a la no aplicación de las buenas prácticas de la Ingeniería y Gestión del Software. Estas son de vital importancia, pues les da seguridad a los usuarios y clientes de estos productos, proporcionándoles a los mismos sus pedidos a tiempo y con buena calidad. (Padilla Lozano & Ríos Arias, 2016; Sommerville & Galipienso, 2005).

El Standish Group, en los informes que genera cada año, plantea que es común que los proyectos de desarrollo de software concluyan con importantes desvíos en cronograma y costos o, en algunos casos, resulten cancelados. Al analizar el por ciento de proyectos satisfactorios de los últimos cinco reportes anuales del Standish Group, se observa que, el comportamiento de los proyectos exitosos sigue siendo menor que el porcentaje de proyectos cancelados y fallidos. Una de las causas que se alegan en el reporte es la: Identificación de defectos en las etapas de pruebas.

Para hablar de una gestión de la calidad efectiva resulta de gran importancia la aplicación del modelo Plan-Do-Check-Act original de Shewhart (Shewhart, 1986) (Rother, 2017), y difundido sobre todo por Deming. Él mismo se refería a este modelo como el Ciclo de Shewhart. Hoy se reconoce en muchos espacios como el Ciclo de Deming como consecuencia de los aportes realizados por él. Este modelo constituyó la primera guía para la mejora de procesos del software (MPS). Es una de las principales herramientas para lograr la MPS en las organizaciones o empresas que desean alcanzar la excelencia en sus sistemas de calidad (Talavera Pleguezuelos, 2013). Este ciclo también conocido por sus siglas en español PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) debe incorporarse al modo habitual de trabajo en la organización y a su cultura. Además, debe instaurar un estilo de gestión, pensamiento y actuación cuya principal característica es que no finaliza nunca. Empezar acciones puntuales, destinadas a subsanar determinados problemas, por muy efectivas que estas pudieran ser, no es suficiente. (Shewhart, 1986) (Talavera Pleguezuelos, 2013)

Según Deming (Deming, 1989) la calidad no es más que: "Una serie de cuestionamientos hacia una mejora continua". Según Trujillo: "(...) varias investigaciones reafirman la importancia de la mejora de procesos del software (MPS) (Montoni & da Rocha, 2014) (Lema, Calvo-Manzano, Colomo-Palacios, & Arcilla, 2015) acerca de este elemento se alega: la institucionalización de una MPS aporta ventajas significativas respecto a la madurez organizacional (al-Tarawneh, Abdullah, & Ali, 2011) (Quintero, Santiago, Gutiérrez Cantor, & Guzmán Prieto, 2017); las mejoras más significativas se evidencian en la calidad del producto (Claudia, Mirna, & Jezreel, 2013), la productividad (Woronowicz, Rout, O'Connor, & Dorling, 2013), la reducción de los costos (Claudia et al., 2013) (Woronowicz et al., 2013), el tiempo de desarrollo (Ragaisis, Peldzius, & Simenas, 2010) y la competitividad (Woronowicz et al., 2013).

Desde la conceptualización de la calidad, muchos investigadores argumentaron la importancia de las actividades encaminadas a la detección de errores (Rojas-Montes, Pino-Correa, & Martínez, 2015), pero la práctica ha demostrado que no basta solamente con detectarlos, sino que se hace necesario hacerlo lo más cerca al momento en que se introducen, con el fin de disminuir el esfuerzo dedicado a las tareas de corrección.

Para lograr una alta calidad del producto final, el desarrollo debe estar asegurado por actividades de calidad que permitan alcanzar con éxito su estado final. Para ir escalando en los niveles de calidad, el proyecto debe mantener un riguroso control de los indicadores de tiempo, costo, esfuerzo y la trazabilidad de los requisitos. Las organizaciones desarrolladoras de software por su parte, necesitan implementar actividades de calidad de manera planeada y sistemática, con el fin de promover el desarrollo de software de calidad y así, ganar en competitividad. Los usuarios y clientes valoran, cada día más, la calidad, por lo tanto, exigen la disminución de errores, y penalizan los retrasos en entregas y las cancelaciones de proyectos. Esta situación conduce a que las organizaciones cambien su orientación hacia las pruebas de software, y las consideren un proceso indispensable para apoyar la calidad de sus productos (C. García, 2014).

Los estudios de Humphrey, Larman, Pressman y otros, afirman que la identificación de defectos en las etapas de pruebas (causa identificada por el Standish Group) afecta el costo y los tiempos, al expresar:

"(...) aunque hay muchos aspectos relacionados con la calidad del software, el primer aspecto de la calidad está relacionado necesariamente con sus defectos. Esto no significa que los defectos son el único aspecto o que son los más importante, pero debes tratar con muchos de los defectos para poder satisfacer cualquiera de los otros objetivos." (W. HUMPHREY, 1997)

“Es más barato y fácil efectuar cambios durante las actividades de análisis y diseño que en la fase de construcción: el software es más duro de lo que pensamos.” (Larman, 1999)

“Las pruebas son necesarias, pero también es una forma costosa de encontrar errores. Gasta el tiempo en encontrar errores al comienzo del proceso y podrá reducir significativamente los costos de pruebas y depuración de errores.” (Pressman, 2010)

Al decir de estos autores, la calidad está altamente relacionada con los defectos en los productos y al alejarse su detección del momento en que se introducen, aumentan los tiempos para su corrección. A pesar de que la tendencia es a desarrollar pruebas, estos científicos afirman que es importante invertir en encontrar errores desde el comienzo del proceso de desarrollo.

Estudios realizados muestran que el costo de corregir un defecto de proyecto o de codificación en la propia fase es entre 10 a 100 veces menor que el costo de corregirlo en la fase de pruebas (Bjarnason et al., 2014). Según Humphrey los defectos son costosos de encontrar y corregir por tanto es muy eficiente que los ingenieros encuentren y corrijan inmediatamente los defectos introducidos. (W. HUMPHREY, 1997)

Cuba ante la necesidad de insertarse en el mercado mundial, trabaja en la búsqueda de nuevas alternativas y vías para un mejor aprovechamiento de sus recursos humanos y materiales basados en la gestión del conocimiento. La búsqueda de mayores resultados económicos y sociales es fundamental en el sector empresarial, por lo que nuestro país se enfrenta a un proceso de actualización de su modelo económico y social como lo reafirman las palabras del General de Ejército Raúl Castro, Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros al expresar: “(...) el proceso de actualización del modelo económico y social va dirigido a crear las condiciones que permitan el incremento sostenido y sustentable del ingreso de los trabajadores estatales y a la vez preservar las conquistas sociales de la Revolución”. En aras de contribuir a la sociedad cubana la industria del software debe jugar un papel fundamental y para ello la calidad debe ser su principal pilar.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) resalta por alcanzar índices altos de producción de software en el país. La misma tiene como misión, formar profesionales comprometidos con la Revolución y altamente calificados en la informática, la producción de aplicaciones y servicios profesionales. Posee un modelo de formación, que se sustenta en la interrelación de la formación, la investigación y la producción, además de servir de soporte a la industria cubana de la informática.

En aras de ampliar el mercado, mejorar la productividad, aumentar la satisfacción de los clientes y garantizar la calidad de los productos que se desarrollan, se han dado pasos estratégicos, un ejemplo es la ejecución de programas de mejora. A pesar de los esfuerzos realizados aún se evidencian problemas en los productos finales, lo cual se puede constatar en los análisis de tendencias del año 2016 realizados por la Dirección de Calidad. En este año, entre los artefactos sujetos a pruebas de liberación se encontraban: Especificación de requisitos del software, productos y manuales de usuarios. En el caso de la documentación durante el año, su comportamiento arrojó que más del 50% de ellos, se liberan en tercera y cuarta iteración. Este dato demuestra que existen problemas en la confección de los documentos que se consideran entregables a los clientes. En cuanto a los productos se evidenció que más del 60% de los productos liberados finalizaron el proceso en tercera y cuarta iteración.

Es necesario especificar que, de 199 aplicaciones que fueron liberados en el año, el 65% fueron módulos (parte pequeña de un producto), lo cual explica que el 29% terminara en segunda iteración.

Otro de los datos consultados fue la media de defectos detectados por centro de desarrollo. La tendencia de este indicador mostró que la media de los defectos en ese año fue de 23.29 a nivel institucional. Los valores por centro de desarrollo más bajos oscilaron entre: 9.65 y 12.30, los más altos alcanzaron índices entre 47.06 y 59.30. En la Dirección General de Producción, se entrevistó al Grupo de Seguimiento y Control, el cual es el encargado de dar seguimiento y recopilar las estadísticas sobre todos los proyectos de la Universidad. En análisis realizados del año 2016 se muestra que solo un 10 % de los proyectos se finalizaron con éxito, un 9% del total de los proyectos resultaron detenidos y los proyectos cerrados con atraso representaron el 28 %. La principal causa de este comportamiento según los especialistas de la dirección fue el esfuerzo dedicado a la corrección de defectos en etapas avanzadas del desarrollo.

Al realizar un análisis de los datos, se pudo constatar que muchos de los defectos detectados en pruebas fueron introducidos en etapas tempranas del desarrollo del software, al no existir actividades que busquen encontrar defectos durante el desarrollo y que permitan disminuir el esfuerzo dedicado a la corrección de estos. A partir de este análisis se determina como problema:

¿Cómo disminuir el esfuerzo de corrección de defectos durante el ciclo de vida de los proyectos de desarrollo de software?

Para responder el problema científico planteado anteriormente se define como objetivo general:

Diseñar un marco de trabajo para gestionar actividades de calidad en los proyectos de desarrollo basado en la experiencia de las organizaciones y las tendencias nacionales e internacionales en la calidad de software, que permita disminuir la cantidad de defectos y no conformidades y el esfuerzo de corrección de estos en el ciclo de vida.

Materiales y métodos

Para la consecución del objetivo de la investigación se presenta un marco de trabajo para la gestión de las actividades de calidad, que parte de las mejores prácticas propuestas en estándares, guías y modelos internacionales y de las experiencias de las organizaciones. Se describen los principios a seguir para la aplicación de la propuesta. Se representan las etapas y sus actividades, mecanismos, ejemplos, controles y productos de trabajo, instrumentos que sirven de base para la ejecución del marco de trabajo. Se recomiendan herramientas informáticas.

Para esta investigación se define como marco de trabajo: visión general amplia o esquema de elementos interconectados, que define un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular (Press, 2015). Un marco de trabajo proporciona una estructura base para organizar los componentes de un proceso (CMMI, 2010), incluyendo actividades, reglas y métodos aplicables a cualquier escenario sin importar su tamaño o complejidad (Pressman, 2010).

El marco de trabajo sugiere un enfoque a procesos sustentado sobre el Ciclo de Deming, permitiendo a partir de las lecciones aprendidas el mejoramiento continuo de las técnicas a utilizar y la inclusión de nuevas actividades, de considerarse necesario.

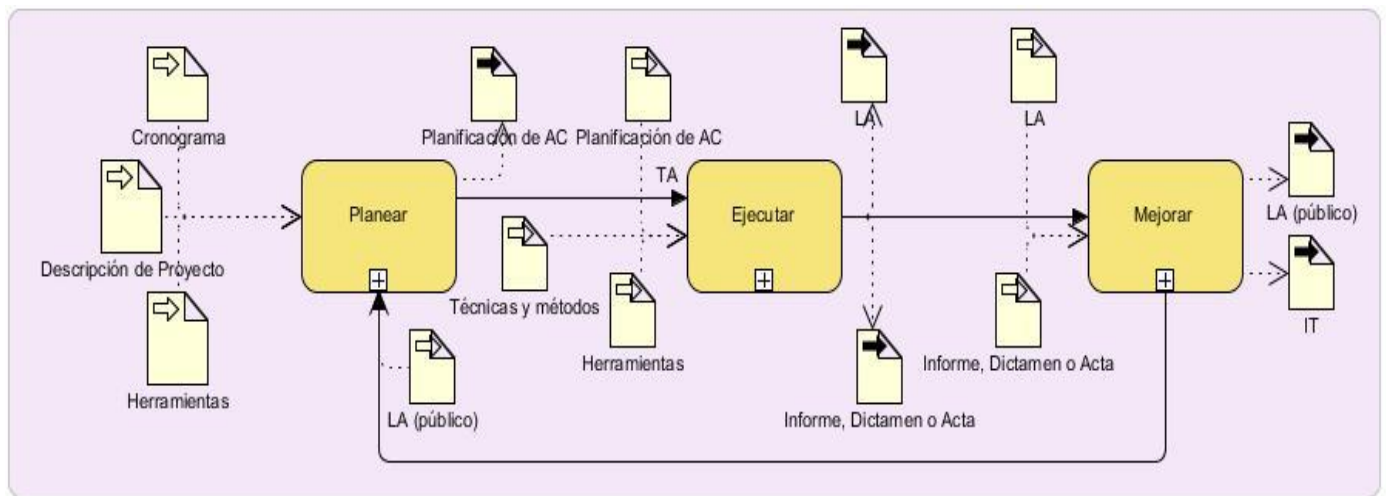


Figura 1. Marco de trabajo para gestionar las actividades de calidad

La propuesta de solución constituye un marco de trabajo basado en buenas prácticas establecidas por estándares, guías y modelos internacionales, y en la experiencia nacional, que integra actividades fundamentales para la detección de defectos. Además, incluye técnicas para llevar a cabo las actividades, herramientas, roles, y competencias. Los componentes que integran el marco son:

- Actividades de calidad
- Técnicas a aplicar
- Herramientas
- Capital humano
- Guías

Se propone la aplicación de la propuesta teniendo en cuenta la etapa en la que se encuentre el proyecto. Puede ser aplicado independiente de la metodología de desarrollo que se utilice, sea ágil o robusta. Debe valorarse a partir de la estructura de la organización los niveles en que se deben realizar las actividades.

Precondiciones

Para aplicar el marco de trabajo es necesario cumplir con las precondiciones que se listan a continuación:

- Conocer el tiempo de duración del proyecto;
- Tener definidos los roles y responsabilidades;
- Tener identificados los riesgos potenciales que puedan afectar la ejecución de las actividades de calidad.

Actividades de calidad

Las actividades de calidad propuestas para esta investigación surgen a partir de la revisión bibliográfica realizada en el capítulo anterior, donde se tuvo en cuenta las guías, modelos y estándares internacionales más utilizados y a los autores más reconocidos en la temática. Con el objetivo de realizar la evaluación de las actividades de calidad propuesta se utilizó métodos de consulta a expertos. Los resultados de estos dependen en gran medida de la adecuada selección de los expertos. Por lo anterior, para la investigación se decidió utilizar el análisis de síntesis curricular para la selección de los expertos al considerar la experiencia práctica como el principal factor a tener en cuenta.

Basado en los resultados obtenidos como propuesta en el marco de trabajo se definen tres actividades de calidad:

- Revisiones de adherencia a procesos y productos:

Objetivos: la evaluación de la adecuación a los procesos y productos de trabajo institucionalizados. Además, se realizarán para verificar la correcta transición de una fase a la siguiente.

Frecuencia: se propone que se realicen al menos una al finalizar cada fase.

Productos de trabajo: todos los productos de trabajo que se creen a partir de la utilización de la metodología de desarrollo utilizada.

Resultados esperados: Resolución de los defectos detectados en el tiempo establecido por el equipo revisor.

- Pruebas:

Objetivos: comprobar que el producto a desarrollar cumple con los requisitos establecidos por el cliente, teniendo en cuenta las recomendaciones de buenas prácticas propuestas por los modelos, estándares y guías más recomendados a nivel internacional.

Frecuencia: se realizarán al culminar cada uno de los productos de trabajo que resulten de interés a la organización.

Productos de trabajo: requisitos funcionales, requisitos no funcionales, producto, manual de usuario y manual de instalación.

Resultados esperados: Resolución de los defectos detectados en cada uno de los tipos de pruebas realizadas.

- Revisiones Técnicas Formales:

Objetivos: la revisión técnica de los productos de trabajo que se identifiquen en la institución como entregables al cliente o aquellos solicitados por los clientes o por necesidad de la institución por deficiencias detectadas en análisis realizados.

Frecuencia: se realizarán al culminar cada uno de los productos de trabajo que resulten de interés a la organización.

Productos de trabajo: Cronograma o plan de proyecto, requisitos funcionales, requisitos no funcionales, arquitectura, base de datos y codificación.

Resultados esperados: Resolución de los defectos detectados en el tiempo conciliado con el equipo experto.

Técnicas y métodos a aplicar

Las técnicas y métodos a aplicar, para cada una de las actividades propuestas en el marco de trabajo, surgieron a partir del estudio realizado sobre las mejores prácticas propuestas en los modelos más utilizados a nivel internacional. Luego se tuvo en cuenta el criterio de los expertos en función de su experiencia en la producción de software y su producción científica en temas asociados a la investigación. Se utilizó la aplicación de encuestas y entrevistas para la recolección de la información.

Los resultados de estos cuestionarios arrojaron como método de base y aplicable para llevar a cabo las actividades que se proponen en el marco de trabajo, la revisión entre pares o revisión entre colegas como se refiere en varias bibliografías. Las propuestas se muestran en la siguiente tabla.

Revisiones	Revisiones Técnicas Formales	Pruebas
Listas de chequeo con un 80% de aprobación. Revisión documental con un 70% de aprobación. Entrevistas con un 75% de aprobación. Revisiones entre pares con un 65% de aprobación.	Listas de chequeo con un 75% de aprobación. Revisión documental con un 85% de aprobación. Entrevistas con un 67% de aprobación. Revisiones entre pares con un 80% de aprobación. Prototipos con un 68% de aprobación. Pruebas de concepto con un 90 % de aprobación. (arquitectura de software)	Casos de pruebas con un 90% de aceptación. Listas de chequeo con un 68% de aceptación. Revisiones entre pares con un 95% de aceptación. Pruebas de aceptación con un 98% de aceptación.

Tabla 1. Resumen de métodos y herramientas por actividades de calidad

Herramientas

Como herramientas para dar soporte al marco de trabajo, se propone utilizar una herramienta de gestión de proyectos que permita la planificación y seguimiento de las actividades planificadas y que además permita el registro y seguimiento a las no conformidades y defectos detectados. Además, al analizar las herramientas de gestión documental estudiadas se proponen características que debe cumplir la herramienta que las organizaciones decidan utilizar. Las características, que debe cumplir la herramienta de gestión documental que se utilice son:

- Software libre.
- Gestión del versionado de los productos.
- Permitir flujo de trabajo.
- Multiplataforma.
- Gestión de usuarios.

Capital Humano

El capital humano con el que se cuenta varía en función de la actividad de calidad a realizar, aunque se proponen roles generales en el marco de trabajo. A continuación, se listan los roles asociados a cada una de las actividades, las responsabilidades de estos se publicarán en futuras investigaciones.

Para las actividades de Revisiones de Adherencia a proceso y producto:

- Bolsa de revisores: Se propone la constitución de una bolsa de revisores que permita la utilización de la experiencia de los mejores especialistas de la institución en aras de acometer con calidad las actividades propuestas. Deben aprobar cursos de formación de revisores para lograr eficiencia en las actividades a realizar.

Para las actividades de RTF:

- Bolsa de expertos: Se propone la constitución de una bolsa de expertos que permita la utilización de la experiencia de los mejores especialistas de la institución en aras de acometer con calidad las actividades propuestas. Deben conformar la bolsa los expertos que se destaquen en un rol, constituyendo un ejemplo en la disciplina técnica a tratar. Dentro de la bolsa se proponen los siguientes roles.

Para las actividades de Pruebas:

- Rol: Coordinador de pruebas
- Rol: Probador

Guías

En el marco de trabajo propuesto se definen guías para facilitar la utilización del mismo. Las guías propuestas son las siguientes:

- Guía para la planificación de actividades de calidad.
- Guía para seleccionar productos de trabajo a evaluar.
- Guía para proponer criterios, métodos, técnicas, herramientas, resultados esperados, tolerancia, recursos y entornos para llevar a cabo las actividades de calidad.

Como principal elemento en la guía propuesta para la planificación vale destacar la frecuencia con la que se propone se realicen las actividades de calidad y los niveles para aplicarlas. La propuesta que se realiza es independiente de la metodología de desarrollo que se utilice. La propuesta de niveles considera uno como opcional, en dependencia de la estructura de la organización como se explica en la propuesta de actividades de calidad por niveles. Además, en caso de ser una organización pequeña se puede considerar solo la implementación del marco en el nivel proyecto, empleando las revisiones entre pares como método fundamental para llevar a cabo las actividades.

La Guía para seleccionar productos de trabajo como entregable a los clientes sugiere elementos a tener en cuenta para dicha acción independiente de la metodología de desarrollo a utilizar. Es válido señalar que el cliente puede solicitar como entregable cualquier artefacto que surja en el desarrollo de software y que considere pueda necesitar.

La tercera guía propone a partir del tipo de actividad de calidad que se va a realizar y teniendo en cuenta el artefacto a

liberar, métodos, técnicas, herramientas, resultados esperados, tolerancia, recursos y entornos específicos para acometer las diferentes actividades de calidad.

Resultados y discusión

Se describe la estrategia de evaluación empleada en la investigación y los análisis que de su aplicación se derivan. Para validar el marco de trabajo se utilizó método de expertos para valorar la contribución, se realizó un cuasiexperimento y un estudio de casos que permite determinar que es posible disminuir el esfuerzo en la corrección y el número de defectos con la aplicación del marco propuesto. Se utilizó la técnica de Iadov para comprobar la satisfacción de usuarios.

A partir de la aplicación de los métodos Delphi, estudio de casos, cuasiexperimento y la técnica de Iadov, se realiza la triangulación metodológica de los resultados. El método permite contrastar los resultados obtenidos para determinar las coincidencias obtenidos en la cuantificación de variables mediante un método cuantitativo, las tendencias y dimensiones que surgen de la aplicación de métodos cualitativos. La autora coincide con (Trujillo, 2014) en cuanto a la definición triangulación como: “es la aplicación y combinación de varias metodologías de la investigación en el estudio de un mismo fenómeno”

Para valorar el efecto del marco en la disminución de esfuerzo en la corrección de defectos se realizó un estudio de casos. Los autores consideran para la investigación la definición de este método ofrecida por Sampieri, el cual lo define como: “estudios que al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta; analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

En las siguientes gráficas se muestra la desviación entre los defectos introducidos por fases y los detectados, basados en los propuestos por Humphrey (W. S. Humphrey, 1995) antes y después de aplicado el estímulo.

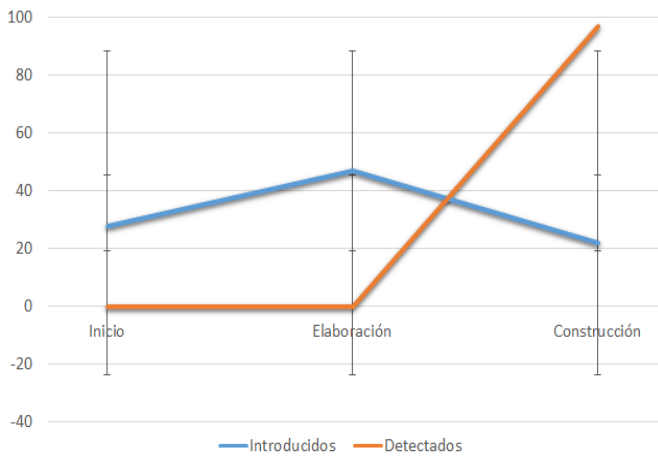


Figura 2. Desviación entre los defectos introducidos y los detectados antes del estímulo.

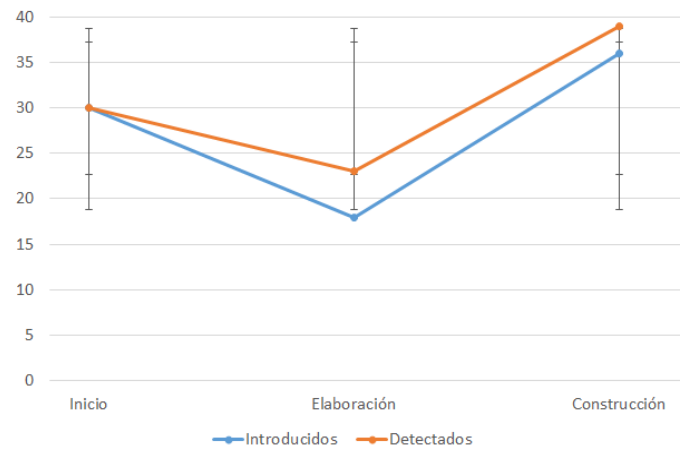


Figura 3. Desviación entre los defectos introducidos y los detectados después del estímulo.

La desviación típica observada luego de la aplicación del estímulo tiende más a cero que la obtenida antes de aplicar el estímulo, por tanto, se puede establecer que a menor valor de este indicador menor será el esfuerzo dedicado a la corrección de defectos.

Para la realización del Cuasiexperimento el indicador utilizado es la media de defectos por centro de desarrollo con el paquete estadístico SPSS Base 10.0. Los resultados arrojados permiten afirmar entonces que existe diferencia significativa entre la media de defectos a nivel institucional antes y después de aplicado el estímulo. En la figura 4 se muestra cómo disminuyen en la mayoría de los centros la media de defectos detectados.

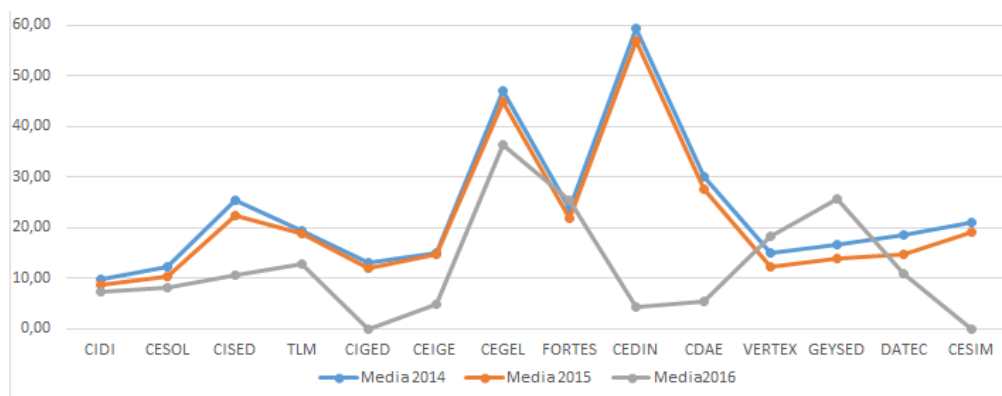


Figura 4. Media de defectos por centros de desarrollo

Después de aplicados los métodos descritos se puede concluir que la hipótesis planteada en la investigación fue positiva cumpliéndose los objetivos de desarrollar un marco de trabajo que contribuyera a la disminución del esfuerzo dedicado a la corrección de defectos y la disminución de los mismos en los proyectos de desarrollo de software.

Luego de aplicada la triangulación metodológica, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La valoración satisfactoria por expertos (mediante Delphi) y por los usuarios (aplicando Iadov y encuestas) del marco de trabajo elaborado, permite concluir que el marco disminuye el esfuerzo dedicado a la corrección de defectos y disminuye el número de estos.
- La coincidencia alcanzada entre los resultados del estudio de casos y el cuasiexperimento, con respecto a que el efecto de la implementación del marco, disminuye el esfuerzo dedicado a la corrección de defectos y disminuye el número estos.
- La valoración satisfactoria de los expertos y los clientes fue confirmada con los resultados de la aplicación en entornos reales.
- Los resultados de los métodos aplicados no muestran contradicciones.

Conclusiones

- Los modelos y estándares internacionales agrupan las buenas prácticas propuestas sobre actividades a ejecutar para la detección de defectos y no conformidades, aunque no especifican técnicas y métodos, roles, responsabilidades, herramientas y guías para llevarlas a cabo.
- Las tendencias nacionales conocidas a través de un diagnóstico arrojaron que las actividades de calidad implementadas en la industria de software cubana son pruebas y en algunos casos revisiones.
- Se definió un marco de trabajo para gestionar actividades de calidad en el cual se integraron buenas prácticas como: actividades de calidad, técnicas, métodos, herramientas, roles, responsabilidades, guías y productos de trabajo.
- La aplicación del marco de trabajo contribuye a la evaluación objetiva de los procesos y los productos, disminuye el esfuerzo dedicado a la corrección de defectos a través de la detección de estos en etapas más cercanas a donde se introducen y los defectos en los proyectos de desarrollo de software.

Referencias

- al-Tarawneh, M. Y., Abdullah, M. S., & Ali, A. B. M. (2011). A proposed methodology for establishing software process development improvement for small software development firms. *Procedia Computer Science*, 3, 893-897.
- Bjarnason, E., Runeson, P., Borg, M., Unterkalmsteiner, M., Engström, E., Regnell, B., . . . Feldt, R. (2014). Challenges and practices in aligning requirements with verification and validation: a case study of six companies. *Empirical Software Engineering*, 19(6), 1809-1855.
- C. García, A. D., and M. Pessoa. (2014). Test process models: Systematic literature review. *vol. 477*.
- Claudia, V., Mirna, M., & Jezreel, M. (2013). *Characterization of software processes improvement needs in SMEs*. Paper presented at the Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE), 2013 International Conference on.
- CMMI. (2010). Versión 1.3 (CMMI-DEV, V1. 3). Mejora de los procesos para el desarrollo de mejores productos y servicios: TECHNICAL REPORT. CMU/SEI-2010-TR-033.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. (Ediciones Díaz de Santos. ed.).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. *México: Editorial Mc Graw Hill*.
- HUMPHREY, W. (1997). *Introducción al Proceso Software Personal*.
- Humphrey, W. S. (1995). *A discipline for software engineering*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Larman, C. (1999). UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos. Ed: Prentice Hall.
- Lema, L., Calvo-Manzano, J. A., Colomo-Palacios, R., & Arcilla, M. (2015). ITIL in small to medium-sized enterprises software companies: towards an implementation sequence. *Journal of Software: Evolution and Process*, 27(8), 528-538.
- Montoni, M. A., & da Rocha, A. R. C. (2014). Applying grounded theory to understand software process improvement implementation: a study of Brazilian software organizations. *Innovations in Systems and Software Engineering*, 10(1), 33-40.
- Padilla Lozano, V., & Ríos Arias, A. J. (2016). Sistema de gestión de inventarios en Jabones El Tigre y Roca SA.
- Press, C. U. (2015). Cambridge Dictionaries Online. [En línea]
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach, 7/e, RS Pressman & Associates* (Vol. 73375977).
- Quintero, C., Santiago, D., Gutiérrez Cantor, J. C., & Guzmán Prieto, B. N. (2017). Gestión de servicio de TI usando ITIL en las MIPYME—caso de estudio: Laboratorio de Informática.
- Ragaisis, S., Peldzius, S., & Simenas, J. (2010). *Mapping CMMI-DEV maturity levels to ISO/IEC 15504 capability profiles*. Paper presented at the Proceedings of the 9th WSEAS international conference on Telecommunications and informatics.
- Rojas-Montes, M. L., Pino-Correa, F. J., & Martínez, J. M. (2015). Testing process for small software development organizations. *Facultad de Ingeniería*, 24(39), 55-70.

- Rother, M. (2017). *Toyota Kata: El método que ayudó a miles de empresas a optimizar la gestión de sus negocios*: Profit Editorial.
- Shewhart, W. A. (1986). Statistical method from the viewpoint of quality control. .
- Sommerville, I., & Galipienso, M. I. A. (2005). *Ingeniería del software*: Pearson Educación.
- Talavera Pleguezuelos, C. (2013). El ciclo PDCA de Mejora Continua.
- Trujillo, Y. C. (2014). " *MODELO PARA VALORAR LAS ORGANIZACIONES DESARROLLADORAS DE SOFTWARE AL INICIAR LA MEJORA DE PROCESOS*". (Tesis de doctorado), Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Woronowicz, T., Rout, T., O'Connor, R. V., & Dorling, A. (2013). *Software Process Improvement and Capability Determination*: Springer.