

# APLICACIÓN DEL DESARROLLO GUIADO POR PRUEBAS COMO UNA PRÁCTICA DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

## Application test-driven development as software engineering practice

Mayra Alejandra Oñate Andino\*, Eduardo Rolando Villa Villa, Raúl Hernán Rosero Miranda, Mónica Andrea Zabala Haro, Tupac Amaruc Tisalema Poaquiza

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

\*mayra.onate@esPOCH.edu.ec

### R esumen

El diseño de aplicaciones móviles es considerado como una de las prioridades tecnológicas en el mundo moderno. Estas se encaminan a satisfacer la demanda de los usuarios para garantizar eficiencia y productividad empresarial mediante la automatización de sus procesos. El objetivo de esta investigación fue desarrollar una aplicación web móvil para el registro de lectura de los medidores del consumo de agua y cobros por servicios prestados. Para su desarrollo se utilizó la metodología ágil, en particular Scrum, que permitió ejecutar las tareas de manera eficaz con participación activa del cliente; se aplicó el Desarrollo Dirigido por Pruebas para la realización de pruebas unitarias en las tareas de programación y pruebas de aceptación para validar funcionalidades. Como principal resultado se obtuvo el diseño y ejecución de una aplicación web/ móvil que cumple con el objetivo previsto y que superó las primeras pruebas de calidad y funcionamiento, estando pendiente en un segundo momento su implementación a escala funcional. La Metodología Scrum y el Desarrollo Dirigido por Pruebas TDD, constituyen herramientas de invaluable valor en el diseño y elaboración de aplicaciones web para ser implementadas en el sector empresarial

**Palabras claves:** Aplicaciones web; Norma de evaluación ISO/IEC 25000; Metodología Scrum.

### A bstract

The design of mobile applications is considered one of the technological priorities in the modern world. These are aimed at satisfying the demand of users to ensure efficiency and business productivity through the automation of their processes. The objective of this research was to develop a mobile web application for the reading of water consumption meters and charges for services rendered. For its development, the agile methodology was used, the Scrum method, which allowed executing the tasks efficiently with active participation of the client; Test-Driven Development was applied to perform unit tests in programming tasks and acceptance tests to validate functionalities. The main result was the design and execution of a web application that meets the target and exceeded the first quality and performance tests, pending implementation at a functional scale. The Scrum method and Test Driven Development are tools of invaluable value in the design and development of web applications to be implemented in the business sector.

**Key words:** Web applications; ISO / IEC 25000 evaluation standard; Scrum methodology.

**Fecha de recepción:** 13-05-2019

**Fecha de aceptación:** 18-01-2020

## I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería de software abre la posibilidad de desarrollar sistemas web móviles de gran alcance y fácil manejo para el usuario.(1) Estos son ca-

paces de permitir el control y manejo de información generada en las instituciones; a su vez garantizan agilidad y optimización de los procedimientos implicados en la gestión operativa y administrativa.(2) El desarrollo de software se ha

incrementado en los últimos años y se ha convertido en un proceso cuidadoso y ordenado con el propósito de obtener productos de gran calidad, que perduren en el tiempo y por sobre todo que sean confiables y seguros. (3,4)

El uso de métodos ágiles ha sido señalado como de gran utilidad y se reportan variados beneficios por su implementación en el desarrollo de sistemas web móviles; dentro de estos destacan las facilidades de un diseño sencillo y rápido por la prioridad que ofrece a la aplicación de pruebas durante su desarrollo que favorece la mejora de las historias de usuario.(5,6) Se considera que las prácticas ágiles simplifican el desarrollo de aplicaciones móviles, además de que son adaptables incluso después de realizado su lanzamiento o puesta en funcionamiento.(4)

Dentro de las metodologías ágiles destaca la metodología Scrum, esta es considerada como un proceso donde se aplican un conjunto de buenas prácticas y se basa en el trabajo en equipo para aumentar la productividad. Una característica de esta metodología es la entrega parcial y regular del producto final; Scrum se aplica fundamentalmente en entornos complejos con requisitos cambiantes o poco definidos, donde se necesita obtener resultados de forma rápida basándose en la competitividad, innovación, productividad y flexibilidad.(7,8)

La metodología Scrum también se aplica en aquellos procesos donde no se está entregando al cliente lo que necesita o las entregas se prolongan demasiado en el tiempo; con aumento en los costos y disminución de la calidad del servicio. Su aplicación se basa en la capacidad de realizar variadas actividades de análisis, diseño, desarrollo e implementación. Busca hacer frente a la competencia, aumentar la estima de los equipos de trabajo y aumentar la identificación y solución de ineficiencias que se presentan de forma sistemática.(8)

Relacionado con los métodos ágiles se han desarrollado prácticas dirigidas a resolver problemas de los usuarios, tal es el caso de desarrollo dirigido por pruebas (Test Driven Development) (TDD); que admite el diseño y desarrollo de aplicaciones para cambios apremiantes que surgen, en la medida que tributa seguridad, códigos fac-

tibles de conservar y notificación de efectos secundarios no deseados antes de la liberación de un código.(9,10)

En tal sentido resulta importante señalar que La Junta Administradora de Agua Potable Anghuana Alto, no contaba con un sistema automatizado de registro de lectura de los medidores del consumo de agua, así como tampoco disponía de sistema automatizado para registrar el control de las recaudaciones recibidas como retribución a los rubros generados por el consumo de agua. Al no disponer de sistemas de lectura y control automatizados todos los procesos se realizaban de forma manual. Esta situación imposibilitaba al personal operativo y administrativo obtener, generar y brindar información precisa e inmediata al momento que los usuarios se acercaban a formalizar los pagos correspondientes.

La demora e imprecisión en el servicio brindado generaba desconcierto e insatisfacción tanto a los prestadores del servicio como a los clientes, repercutiendo negativamente en el estado financiero de la empresa y en la satisfacción de los clientes.

Es por esto que teniendo en cuenta la necesidad de implementar un sistema automatizado que permita a los funcionarios realizar el proceso de lectura de medidores, determinación de consumo y cálculo del monto financiero a pagar de forma ágil y precisa, así como las ventajas que ofrece la utilización de la metodología Scrum y el TDD para la realización de software que cumplan con estas especificaciones; se decidió realizar una investigación con el objetivo de diseñar una aplicación web móvil para el registro de lectura de los medidores del consumo de agua y cobros por servicios prestados.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió al desarrollo de una aplicación móvil para facilitar, agilizar y optimizar las acciones relacionadas con la medición del consumo de agua y cobro por servicios prestados. Se utilizó el Burn Down Chart para realizar la comparación del tiempo de trabajo real y el tiempo de trabajo estimado al inicio de la investigación, elemento que permitió estimar el cumplimiento del cronograma establecido para la investigación. Para el diseño de la investigación se utilizaron la

metodología ágil Scrum (para realizar el diseño de la aplicación) y el método TDD para la realización de pruebas de comprobación de las características de la aplicación diseñada. En este sentido se tuvieron en cuenta las normas ISO 25000, específicamente las ISO 25010 que se relacionan específicamente con la seguridad.(11)

Para la realización de las pruebas de control de tiempo de medición y de seguridad de la aplicación se seleccionaron 30 usuarios del sistema. Se procedió a medir el tiempo con un cronómetro, primeramente, en la forma manual y posteriormente mediante la aplicación creada. Los resultados de las mediciones fueron expresados en segundos.

Con los datos obtenidos en cada medición se confeccionó una base de datos en Microsoft Excel y posteriormente se procedió a realizar el procesamiento de la información de forma automatizada mediante el paquete estadístico SPSS en su versión 19,5 para Windows.

Se estableció el nivel de significación en una  $p < 0,05$ , con un margen de error en el 5 % y el porcentaje de confianza en el 95 %. Se utilizó t de Student para determinar distribución de probabilidades. Se determinaron medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas y frecuencias y porcentajes para variables cualitativas. Los resultados fueron expresados mediante tablas y gráficos para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

### III. RESULTADOS

Después de realizada la investigación se obtuvo como producto final, que da respuesta y cumplimiento al objetivo principal de la investigación una aplicación móvil denominada SOLRIF.

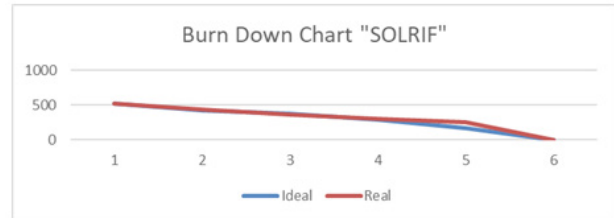


Figura 1. Burn Down Chart del proyecto SOLRIF. Fuente: elaboración propia con datos de la investigación

Como parte del monitoreo sistemático de los avances del proyecto se analizó la velocidad del proyecto y la eficiencia aplicada a través de la herramienta Burn Down Chart. En la figura 1 se muestra el resultado comparativo entre el tiempo real utilizado en las tareas para el desarrollo del software y el tiempo estimado al inicio de la investigación. Durante los 4 primeros sprint se cumplió con la planificación realizada; desde el sprint 4 hasta el 6, la línea de tiempo se extendió como consecuencia de cumplir horarios no incluidos en los tiempos estimados.

Forma de medición	Tiempo en segundos promedio por cada usuario n=30	Porcentaje representado	*p
Manual	319,83 (DE 45,43)	100,0	-----
Sistema SOLRIF	162,30 (DE 13,09)	50,74	0,032

Tabla 1. Comparación de tiempo de medición de medidor de consumo de agua de forma manual y con el sistema SOLRIF. Fuente: datos de registro control de la investigación \* $p < 0,05$

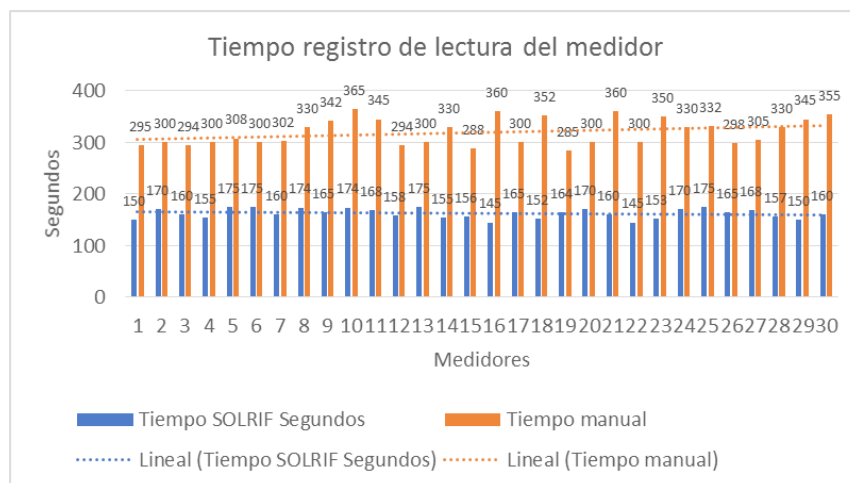


Figura 2. Comparación de tiempo de medición de medidor de consumo de agua de forma manual y con el sistema SOLRIF. Fuente: elaboración propia con datos de la investigación (tabla 1)

La tabla 1 y figura 2 muestran la comparación del tiempo utilizado por un funcionario en realizar la medición del consumo de agua mensual utilizando los dos sistemas; al utilizar la medición tradicional manual se demora, como promedio en los 30 usuarios, incorporados en el estudio, un total de 319,83 segundos (DE 45,43 segundos), lo que significa el 100,0 % del tiempo utilizado.

Al realizar la medición de forma automatizada por el sistema SOLRIF el promedio de duración en segundos fue de 162,30 (DE 13,09 segundos), significando solamente el 50,74 % del tiempo utilizado con el sistema manual; lo que significa una disminución promedio de 157,53 (DE 28,18) segundos que representa una disminución del 49,25 % del tiempo total utilizado originalmente (tabla 1, gráfico 2) Este dato fue estadísticamente significativo con una  $p=0,032$ .

Se calculó la t de Student la cual arrojó un valor de 30.61, superior al valor crítico t que es 2.75; por lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

ID	Métrica	Resultado	Resultado (%)
C	Confidencialidad	0,5	50,0
I	Integridad	0,6667	66,67
NR	No repudio	0,5	50,0
R	Responsabilidad	0,5	50,0
A	Autenticidad	0,5	50,0
SG	Seguridad general	0,53334	53,33

**Tabla 2.** Resultados de las sub características de seguridad de la aplicación SOLRIF.

Fuente: datos resultantes de la investigación

Al evaluar las características de seguridad de la aplicación SOLRIF se obtuvo de forma general un de 0.5333 que expresado en % corresponde al 53.33 %. La integridad fue la sub característica que mayor resultado obtuvo (0,6667, para un 66,67 %). Las demás sub características (confidencialidad, no repudio, responsabilidad y autenticidad) recibieron idénticos resultados de 0,5 que son equivalentes al 50,0 % (tabla 2).

#### IV. DISCUSIÓN

Medir el consumo de agua constituye un importante factor tanto para la institución como para sus clientes. La existencia de medidores de agua garantiza el control de consumo de cada uno de los consumidores. El desarrollo de un sistema

informático que ayude a registrar la cantidad de agua que consuma un usuario en determinado mes y su respectivo pago facilita y optimiza la función empresarial e incrementa el control debido a que el sistema automatizado ofrece información relevante, actualizada, inmediata y necesaria para una óptima gestión administrativa.

Sin embargo, el desarrollo de cualquier sistema informático requiere controlar y evaluar cuánto se agilizan los procesos en la institución que la implementa. La ingeniería de software garantiza mayor productividad de los operarios. Se trata de que el equipo de desarrollo tenga la posibilidad de incorporar mejoras y corregir bugs de los clientes de una forma más rápida, fiable y repetible con bajos costos.(7)

Antes de realizar el análisis de los tiempos de medición se procedió a revisar la ejecución del proyecto según la planificación realizada. En este sentido se pudo observar que durante los primeros cuatro sprint se mantuvo un tiempo de desarrollo acorde a lo planificado; este periodo estuvo matizado por los elementos de creación y desarrollo de la aplicación móvil.

A partir del cuarto al sexto sprint se observó una ligera demora en relación a los tiempos estimados; una posible explicación a este fenómeno puede estar dada por la realización de pruebas de implementación, cumpliendo con el TDD, las cuales no estuvieron contempladas en la planificación inicial del proyecto.(12)

La implementación de tecnología Scrum y del TDD permite dinamizar el proceso de diseño de software.(13) El trabajo en equipo y la implementación permanente de pruebas a modos de examen de los resultados; permiten una rápida corrección de posibles deficiencias que se puedan haber obviado durante el proceso de diseño. (14,15) El TTD se basa en trabajar en varias facetas al unísono, lo que permite disminuir tiempos, costos y magnificar la eficiencia del software desarrollado.(16,17)

Al realizar la comparación de los tiempos necesarios por un operador para realizar la lectura del medidor de agua y conocer el consumo mensual se obtuvo una reducción importante y significativa de este indicador. La optimización de

recursos y tiempo influyen positivamente en el rendimiento y operatividad de cualquier proceso productivo, lo que se traduce en mayor rentabilidad para la empresa y seguridad, confianza y satisfacción para los usuarios.(18,19)

La reducción significativa del tiempo de medición repercute favorablemente en el rendimiento productivo del trabajador encargado de esa función; además agiliza los tiempos de facturación por parte del personal administrativo al disponer de los datos de medición con mayor agilidad. La disminución de cerca de la mitad del tiempo necesario, así como la presencia de significación estadística y de una *t* de Student favorable permiten afirmar que la aplicación desarrollada mejora el tiempo de necesario para realizar la medición del consumo de agua en los medidores.

De igual manera fue importante determinar el cumplimiento de los criterios estándar de calidad. La seguridad del sistema es esencial, pues es importante y necesario tener aplicaciones de alta calidad, pero también que tengan seguridad, pues las aplicaciones están sometidas en gran medida a los ataques informáticos. Con la Norma de evaluación ISO/IEC 25000 (2018a) se evalúa el cumplimiento de la seguridad, siguiendo los lineamientos de sus parámetros.(20,21)

La seguridad debe estar presente desde la concepción del software, es un error dejarla para fases posteriores del desarrollo. Lo primero que se debe hacer para comenzar a implementar seguridad con la metodología Scrum en aplicaciones es identificar cuáles son los activos de información a proteger y cómo protegerlos, las vulnerabilidades de los elementos que interactúan con la información y cómo mitigarlas.(22) Se debe conseguir reducirlas a un nivel de riesgo aceptable; acción que se lleva a efecto durante todo el proceso de desarrollo de la aplicación.(23)

El sistema evaluado, según la aplicación de criterios y escala utilizados, muestran que la sub característica Integridad se encuentra en el rango objetivo, por lo que satisface considerablemente. La confidencialidad, no-repudio, responsabilidad y autenticidad están en el rango mínimamente aceptable.

Según la escala de aceptación definida, la evalua-

ción de la característica seguridad es aceptable, si todas las sub características se encuentran entre los rangos mínimamente aceptables y excede los requerimientos, a pesar de que las sub características confidencialidad, no-repudio, responsabilidad y autenticidad muestran una aceptación mínimamente aceptable, se considera que el sistema implementado está dentro del rango de aceptación, en cuanto a la calidad del producto software.(24,25)

No obstante, el sistema implementado pese a encontrarse en el rango de aceptación, presenta falencias con respecto a la seguridad, dado fundamentalmente a que inicialmente la aplicación fue pensada específicamente para cumplir con los procesos descritos por el cliente; tales como registro de lecturas de medidor y de los respectivos pagos.

Asimismo, se debe referir que, en el desarrollo del sistema, se realizaron pruebas aplicando métodos de gran relevancia, impacto y alto riesgo en el funcionamiento del sistema, en su gran mayoría métodos de acceso a datos; lo que tal vez, por la poca experiencia del equipo en trabajo con TDD incidió en que el tiempo de implementación y ejecución de las pruebas excedió del estimado inicialmente.

Estos aspectos limitantes coinciden, en alguna medida con las conclusiones del experimento replicado, realizado por Dieste y otros (2015), donde plantean que TDD no produce beneficios en calidad o productividad, o al menos no de forma inmediata.(23) Parece necesario que los sujetos experimentales reciban entrenamiento intensivo para que los efectos de TDD sean evidentes.(26)

## V. CONCLUSIONES

La utilización de la metodología ágil Scrum para el desarrollo del sistema web/móvil contribuyó a la coordinación y organización conveniente de las tareas planteadas por el equipo de trabajo pudiendo lograr una acertada implementación de los requerimientos. La capacitación y preparación exhaustiva del equipo para el desarrollo de aplicaciones con la utilización de TDD constituye una prioridad para eliminar vulnerabilidades y conseguir resultados favorables en la calidad del producto.

Con la aplicación móvil se reduce considerablemente el tiempo del proceso de lectura de medidor, lo que contribuye a aumentar la productividad de la institución. Sin embargo, con respecto

a la calidad del producto en lo referente a la seguridad, se encuentra en un rango aceptable, según la escala de aceptación utilizada, que advierte la presencia de posibles inseguridades en el sistema.

## Referencias

- 1.- Pardo C, García, F, Pino F, Piattini M. Producto y proceso: una relación compleja en la ingeniería de software. *El Hombre y la Máquina* [Internet]. 2013 [citado 2019 Abr 17]; 42(43): 67-72. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47829722010>
- 2.- Antúnez Barbosa TA, Valdovinos Rosas RM, Marcial Romero JR, Ramos Corchado MA, Herrera Arriaga E. Estimación de costos de desarrollo, caso de estudio: Sistema de Gestión de Calidad del Reactor TRIGA Mark III. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* [Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 16]; 10(1): 215-28. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000100018&lng=es&tlng=e](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000100018&lng=es&tlng=e)
- 3.- Ludeña Castillo SH. Diseño de una guía para el desarrollo de aplicaciones móviles. (tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, Quito, Ecuador. 2018. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15252>
- 4.- Vidal Ledo M, Gómez Martínez F, Ruiz Piedra AM. Software educativos. *Educ Med Super* [Internet]. 2010 [citado 2019 Abr 15];24(1):97-110. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412010000100012&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412010000100012&lng=es)
- 5.- Leiva Mundaca I, Villalobos Abarca M. Método ágil híbrido para desarrollar software en dispositivos móviles. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [Internet]. 2015 [citado 2019 Abr 17];23(3): 473-88. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052015000300016>
- 6.- Britto Montoya JA. Comparación de metodologías ágiles y procesos de desarrollo de software mediante un instrumento basado en CMMI. *Scientia Et Technica* [Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 14];21(2):150-55. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/84950866007>
- 7.- Ávila Domenech E, Meneses Abad A. Comparative Evaluation of Delfdroid whit XP and Scrum using the 4-DAT. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* [Internet]. 2013 [citado 2019 Abr 12];7(1):16-23. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992013000100003&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992013000100003&lng=es&tlng=en)
- 8.- Becerra P, Sanjuan M. Revisión de estado del arte del ciclo de vida de desarrollo de software seguro con la metodología SCRUM. *Revista Investigación y Desarrollo en TIC* [Internet]. 2017 [citado 2019 Abr 13];5(2):54-71. Disponible en: <http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/rdigital/ojs/index.php/identific/article/view/1525>
- 9.- Tinoco Gómez O, Rosales López PP, Salas Bacalla J. Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software. *Industrial Data* [Internet]. 2010 [citado 2019 Abr 15];13(2):70-74. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81619984009>
- 10.- Ble C. ¿Qué es el Desarrollo Dirigido por Test? (TDD). Creative Commons Atribución si derivadas 3,0 Unported. 2010. Disponible en: [http://librosweb.es/libro/tdd/capitulo\\_2.html](http://librosweb.es/libro/tdd/capitulo_2.html)
- 11.- Marcos J, Arroyo A, Garzás J, Piattini M. La norma ISO/IEC 25000 y el proyecto KEMIS para su automatización con software libre. REICIS. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software* [Internet]. 2008 [citado 2019 Abr 16]; 4(2):133-44. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92218339013>
- 12.- Kenya de Lima S, Dora Martinez EY, Santana Justo CC. Desarrollo de software para apoyar la toma de decisiones en la selección de diagnósticos e intervenciones de enfermería para niños y adolescentes. *Rev. Latino-Am. Enfermagem* [Internet]. 2015 [citado 2019 Abr 14];23(5):927-35. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692015000500927&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692015000500927&lng=en)
- 13.- Hoda R, Norsaremh S, Grundy J, MienTeea H. Systematic literature reviews in agile software development: A tertiary study. *Information and Software Technology* [Internet]. 2017 [citado 2019 Abr 16];85:60-70. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/>

S0950584917300538

- 14.- Martin T. The designer's guide to the Cortex-M processor family. Newnes. (Chapter 11: Test Driven Development). 2016. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=su8QCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+designer%27s+guide+to+the+Cortex-M+processor+family&ots=lq7QEBDT2X&sig=3WGEyAEfw7TeKcq9dtIp3WcvK7A#v=onepage&q=The%20designer's%20guide%20to%20the%20Cortex-M%20processor%20family&f=false>
- 15.- Romano S, Fucci D, Scanniello G, Turhan B, Juristo N. Findings from a multi-method study on test-driven development. *Information and Software Technology* [Internet]. 2017 [citado 2019 Abr 11];89:64-77. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584917302550>
- 16.- Bouraqadi N, Mason D. Test-driven development for generated portable Javascript apps. *Science of Computer Programming* [Internet]. 2018 [citado 2019 Abr 11];161:2-17. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167642318300595>
- 17.- Bissi W, Serra Seco Neto AG, Figueiredo Pereira Emer MC. The effects of test driven development on internal quality, external quality and productivity: A systematic review. *Information and Software Technology*, [Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 13];74:45-54. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584916300222>
- 18.- Montes de Oca N, Arévalos J, Nuñez A, Riverón Y, Villoch A, Hidalgo Díaz L. KLAMIC: experiencia técnica-productiva. *Rev. Protección Veg.* [Internet]. 2009 [citado 2019 Abr 16];24(1):62-5. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522009000100011&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000100011&lng=es)
- 19.- Gómez Carreto T, Zarazúa JA, Ramírez Valverde B, Guillén Cuevas LA, Rendón Medel R. Masa crítica y ambiente de innovación en el sistema productivo jitomate, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*[Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 13];7(spe15):2949-64. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016001102949&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001102949&lng=es&tlng=es)
- 20.- Normas de calidad ISO 25000. ISO 25010: Seguridad. 2018. Disponible en: <http://25000.com/index.php/normas-iso-25010?limit=3&start>
- 21.- Antúnez Barbosa TA, Valdovinos Rosas RM, Marcial Romero JR, Ramos Corchado MA, Herrera Arriaga E. Estimación de costos de desarrollo, caso de estudio: Sistema de Gestión de Calidad del Reactor TRIGA Mark III. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* [Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 14];10(1):215-28. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000100018&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000100018&lng=es&tlng=es)
- 22.- Al-Zewairi M, Biltawi M, Etaiwi W, Shaout A. Agile Software Development Methodologies: Survey of Surveys. *Journal of Computer and Communications* [Internet]. 2017 [citado 2019 Abr 12];5:74-97. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/jcc.2017.55007>
- 23.- Dieste O, Fonseca ER, Raura G, Rodríguez P. Efectividad del test-driven development: un experimento replicado. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software* [Internet]. 2015 [citado 2019 Abr 13];3(3):141-7. Disponible en: <http://revistas.unla.edu.ar/software/article/view/706>
- 24.- Papadopoulos G. Moving from Traditional to Agile Software Development Methodologies Also on Large, Distributed Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [Internet]. 2015 [citado 2019 Abr 16];175:455-63. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815012835>
- 25.- Bass JM. Artefacts and agile method tailoring in large-scale offshore software development programmes. *Information and Software Technology* [Internet]. 2016 [citado 2019 Abr 16];75:1-16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584916300350>
- 26.- Dean E, Wood C, Street M. Interactive Archetypes for Distributed Scrum. *Systems and Software Engineering Publication* [Internet]. 2019 [citado 2019 Abr 14]; 4(2). Disponible en <https://ssepublication.com/index.php/sse/article/view/137>