

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Verification of fulfillment of functional requirements in agile development based on the ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Blanca Lilia Cruz Salas ¹
Carlos Leonardo Cerecedo Cruz ²
Rafaela María Gayosso Calles ³
Luis Manuel Bermúdez Del Ángel ⁴

RESUMEN

La presente investigación fue realizada con el fin de implementar un estándar de calidad en el proceso de pruebas para la Metodología ágil híbrida MDXP (Versión Beta) (Cruz Salas, et al., 2020). Para llevar a cabo esta implementación se estudiaron diferentes normas, estándares y reglas de calidad para seleccionar el más adecuado, dando como resultado la aplicación del estándar ISO/IEC/IEEE 29119 pruebas de software y la norma ISO/IEC 25010 Calidad del software para la elaboración de instrumentos de verificación de requerimientos funcionales y pruebas de aceptación. El proyecto de verificación de requerimientos, emana de la investigación “*Evaluación de la Metodología ágil híbrida MDXP (Versión Beta) en el cumplimiento de los requerimientos de software, aplicada durante la construcción del Sistema Integral del Club Petrolero Versión 2(SICAPV2)*”, ya que para comprobar el cumplimiento de los requerimientos, se requería de someter al sistema a un proceso de pruebas de función y de aceptación por el cliente que asegurara resultados fehacientes y que a su vez, se obtuviera una propuesta de verificación de requerimientos sustentada en un estándar de calidad para incluirla como parte de la Metodología Ágil MDXP, la cual se encuentra en un proceso de prueba, y en este caso particular, se estaba probando durante el desarrollo del Sistema Integral Club Petrolero” (SICP), para el área administrativa de la empresa Club Petrolero, A.C.

PALABRAS CLAVE: Verificación de Requerimientos; Metodologías Ágiles; Pruebas de Software.

Fecha de recepción: 04 de septiembre, 2023.

Fecha de aceptación: 25 de octubre, 2023.

¹Docente de tiempo completo. Perfil deseable y jefa de proyectos de docencia de educación dual en el Departamento de Sistemas y Computación y RIP Prodep. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. blanca.cs@cerroazul.tecnm.mx

² Estudiante residente de la carrera de Ingrida. en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Cerro Azul. L17500647@cerroazul.tecnm.mx

³ Docente de tiempo completo. Perfil deseable y jefa de proyectos de investigación en el Departamento de Sistemas y Computación. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. rafaela.gc@cerroazul.tecnm.mx

⁴ Docente de tiempo completo. Perfil deseable y coordinador de postgrado. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. luis.bd@cerroazul.tecnm.mx

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

ABSTRACT

This research was carried out in order to implement a quality standard in the testing process for the MDXP Hybrid Agile Methodology (Beta Version). To carry out this implementation, different norms, standards and quality rules were studied to select the most appropriate one, resulting in the application of the ISO/IEC/IEEE 29119 software testing standard and the ISO/IEC 25010 Software quality standard for development of functional requirements verification instruments and acceptance tests. The requirements verification project emanates from the research "Evaluation of the MDXP Hybrid Agile Methodology (Beta Version) in compliance with the software requirements, applied during the construction of the Comprehensive System of the Oil Club Version 2 (SICAPV2)", since that to verify compliance with the requirements, it was necessary to subject the system to a process of function testing and acceptance by the client that would ensure reliable results and that, in turn, a proposal for verification of requirements supported by a standard would be obtained. quality to be included as part of the MDXP Agile Methodology, which is in a testing process, and in this particular case, it was being tested during the development of the Petroleum Club Comprehensive System (SICP), for the administrative area of the company Club Petrolero, A.C.

KEYWORDS: *Requirements Verification; Agile Methodologies; Software Testing*

INTRODUCCIÓN

El proceso de prueba de software es un método importante y cada tarea que ejecuta el software, debe probarse antes de la entrega al cliente. Hoy en día, muchos desarrolladores buscan implementar metodologías de prueba a partir de un estándar de prueba de software que garantice su calidad.

La presente investigación surge de la necesidad de realizar un análisis del cumplimiento de requerimientos alcanzado habiendo aplicado la metodología ágil MDXP (Metodología Dinámica y Programación Extrema), con la finalidad de identificar las fortalezas y debilidades de la misma, en cuanto a requerimientos se refiere.

La investigación muestra de manera detallada cada una de las actividades referentes al testeo y comparativas del cumplimiento de requerimientos funcionales siguiendo las reglas sugeridas en las normas ISO/IEC/IEEE 29119 (ISO/IEC, 2016) e ISO/IEC/25010 (ISO/IEC, 2011), que aportaron un precedente valioso para implementarlo como parte de la Metodología Ágil MDXP (Versión Beta) que se encuentra en experimentación.

JUSTIFICACIÓN

Algunas de las razones por las que los proyectos de software no son exitosos, es porque no se aplican técnicas o normas adecuadamente para el desarrollo de la especificación de requerimientos de software y para la verificación del cumplimiento de estos, lo que conlleva a insatisfacción de las necesidades del cliente. Se pretende fortalecer el ciclo de prueba y lanzamiento disminuyendo el número de errores durante la verificación del cumplimiento de los requerimientos para lograr mayor grado de completitud funcional de los mismos.

METODOLOGÍA

Se aplicó el proceso de verificación de requerimientos siguiendo las cinco fases del plan de pruebas que establece el estándar ISO/IEC/IEEE 29119 los cuales son: planificación de pruebas, diseño de pruebas, implementación de pruebas, ejecución de pruebas y evaluación de pruebas. (Montes, 2015), aplicadas a un caso de estudio durante el desarrollo del incremento de pedidos y compras de materia prima del Sistema Integral del Club Petrolero Versión 2 (SICAPV2). Se aplicó el método cuantitativo para evaluar los resultados obtenidos y el objeto de medición fue la evaluación a través de instrumentos de encuestas para las pruebas de aceptación enfocadas en los requerimientos funcionales. El diseño de la encuesta está basado en la norma ISO/IEC 25010 y el enfoque es

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

evaluar el cumplimiento de los requerimientos funcionales. Para el desarrollo del plan de pruebas se tomó como base la Especificación de Requerimientos del Software (ERS por sus siglas) elaborada bajo la norma IEEE 830 y los casos de pruebas se diseñaron aplicando la técnica de caja negra. La investigación está basada en la hipótesis "A menor número de errores en la verificación de requerimientos, mayor grado de completitud funcional de los mismos".

Fase 1. Planificación de pruebas

Se identificaron los requisitos de prueba referentes a los requerimientos funcionales de los incrementos en estudio, se les asignó una prioridad de prueba de acuerdo al nivel de importancia con el que cada requerimiento fue calificado durante su levantamiento y se determinó su probabilidad de falla (Tabla 1), se definieron los recursos de pruebas tales como: entradas de pruebas, ambiente de pruebas y herramientas de pruebas y se realizó la estimación de tiempos para cada fase de las pruebas mediante un cronograma (Tabla 2), como resultado de esta fase se diseñó el documento de plan de pruebas el cual se basa en las características establecidas por la norma ISO/IEC/IEEE 29119.

Tabla 1 - Lista de prioridades de prueba

Código	Descripción	Prioridad	Probabilidad de falla	Criterio de Aceptación
RF2-01	Registrar los puestos que se asignan a los empleados	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-02	Registrar las áreas administrativas en las que se encuentran asignados los empleados.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-03	Registrar empleados clasificándolos en los diferentes puestos de acuerdo a sus funciones.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-04	Registrar los datos de los proveedores que suministran la materia prima al restaurante.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-05	Levantar pedidos de materia prima compuesto por dos secciones: Encabezado y Detalle de pedido, con los datos que se describen en la sección de entradas y debe permitir imprimir el pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-06	Dar seguimiento a los pedidos levantados para autorizarlos, rechazarlos (si es innecesario) y surtirlos.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-01	Convertir un pedido surtido a una compra automáticamente al presionar el botón de surtir pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-02	Mostrar un formulario de compra (encabezado de compra) al presionar el botón de surtir pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-03	Calcular el costo total de cada materia prima comprada y el total de la compra automáticamente.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-04	Imprimir la compra y mostrar todos los datos que lleva la compra.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-05	Registrar compras de materia prima compuesto por dos secciones: Encabezado y Detalle de compra, con los datos correspondientes al pedido surtido de compra).	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.

Tabla 2 - Entradas, ambiente y herramientas de pruebas

	Recursos de entrada	Función
Entrada de pruebas	Especificación de requerimientos de software	Mostrar la descripción detallada de los requerimientos funcionales de software
	Casos de uso	Mostrar la descripción de las acciones de un sistema desde el punto de vista del usuario.
Ambiente de pruebas	Navegadores	Chrome, Opera
	Sistemas Operativos	Windows 10
	Base de datos de pruebas	Base de datos: database Nombre: Casino.db Servidor BD: MySQL Datos: Aleatorios
	Equipo de pruebas:	Matebook D15 Procesador AMD Ryzen 7 3700U with Radeon Vega Mobile Gfx 2.30 GHz RAM instalada 8.00 GB (6.94 GB utilizable) Tipo de sistema Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Herramientas de Pruebas	Herramienta	Función
	Visual Studio Code	Editar código fuente del software para la atención de errores.
	MySQL	Gestionar la base de datos en equipo servidor.

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Fase 2. Diseño de pruebas

Se eligió el tipo de prueba de caja negra que es un método de prueba de software en el que las funcionalidades de la aplicación de software se prueban sin conocimiento de la estructura del código interno, los datos de implementación y las rutas internas (Durand, 2017). Se definió el entorno de pruebas en base a las especificaciones de los equipos de cómputo de la empresa de tal manera que el entorno de pruebas sea lo más parecido al real, con la finalidad de que los resultados sean fiables. Se diseñaron los casos de prueba en base a las funciones y servicios establecidos dentro de los requerimientos funcionales y casos de uso de los incrementos ya mencionados como se muestra en la Tabla 3.

Se definieron los datos de prueba que serán necesarios para la ejecución de cada caso de prueba, el tipo de dato y la longitud fue asignada de acuerdo con la estructura que presenta la base de datos. La tabla 4 muestra como ejemplo los casos de prueba CP1-01 Registro de puestos de empleados del módulo de pedidos y el caso de prueba CP1-11 Registro de compra del módulo de compras.

Tabla 3 - Casos de pruebas diseñados.

ID	Caso de prueba	Descripción
CP1-01	Registro de puestos de empleados	Validar si el registro de los puestos de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Puestos" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes
CP1-02	Registro de empleados	Validar si el registro de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Empleados" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes
CP1-03	Registro de áreas administrativas	Validar si el registro de las áreas administrativas se guarda correctamente en la tabla "área_administrativa" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-04	Registro de estatus de pedido	Validar si el registro del estatus de pedido se guarda correctamente en la tabla "estatus" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-05	Registro de proveedores	Validar si el registro de los proveedores se guarda correctamente en la tabla "proveedor" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-06	Levantamiento de pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina levantamiento de pedidos registrando los datos correctamente en las tablas "Encabezado_pedido" y "Detalle_pedido" de la base de datos "casino".
CP1-07	Editar detalle del pedido	Validar si el sistema permite editar y eliminar los productos registrados en el pedido de materia prima.
CP1-08	Autorización del pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo autorizar un pedido previamente registrado.
CP1-09	Rechazar el pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo rechazar un pedido previamente registrado.
CP1-10	Surtimiento del pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo surtir un pedido que previamente fue autorizado.
CP1-11	Registro de compra	Validar si el sistema realiza el registro de las compras y los guarda correctamente al agregar los datos correspondientes.

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 4 - Datos de entrada para Prueba

ID Caso_prueba	Caso de prueba	Datos de entrada	Modulo
CP1-01	Registro de puestos de empleados	<ul style="list-style-type: none"> Identificador del puesto. (Integer,3) Nombre del puesto (Varchar, 50) Descripción. (Varchar, 200) 	Pedidos
CP1-11	Registro de compra	<ul style="list-style-type: none"> Fecha de compra. (DATE) Número de factura. (Varchar,10) Nombre del proveedor. (Varchar,50) Persona que recibe. (Varchar,20) Nombre de materia prima. (Varchar,30) Cantidad. (Float) Costo unitario. (Float) Costo total. (Float) Total compra. (Float) 	Compras

Fase 3. Implementación de las pruebas

En esta fase, se crearon los datos de prueba de acuerdo con los valores de entrada definidos para la ejecución de cada caso de prueba. En la tabla 5 se muestran los datos para los casos de prueba presentados como ejemplo en la tabla 4 de la Fase 2 Diseño de pruebas.

Tabla 5 - Datos solicitados por los casos de prueba

ID caso_prueba	Caso de prueba	Datos de prueba	Modulo
CP1-01	Registro de puestos de empleados	<ul style="list-style-type: none"> Identificador del puesto: 4 Nombre del puesto: Mesero Descripción: Atiende las solicitudes de platillos de los empleados. 	Pedidos
CP1-11	Registro de compra	<ul style="list-style-type: none"> Fecha de compra: 16/02/2022 Número de factura: 18 Nombre del proveedor: Iván Fernando Bautista Persona que recibe: Laura Nombre de materia prima: Camarones Cantidad: 10 Costo unitario: \$100.00 Costo total: \$1500.00 Total compra: \$1500.00 	Compras

Durante esta fase se construyeron los casos de prueba diseñados anteriormente, utilizando la plantilla de caso de prueba propuesta por la norma ISO/IEC/IEEE 29119. Cabe mencionar que para realizar el proceso de pruebas se utilizó el documento de la Especificación de Requerimientos de Software (ERS) que indica las características que debe tener y cumplir el software, donde se describe la acción y funcionamiento de cada incremento. En cada caso de prueba se agrega la descripción de lo que se validará, los prerequisites de cada proceso, los pasos del caso para realizar la prueba, las entradas, la lista de resultados esperados y un espacio para registrar el resultado obtenido durante su ejecución. En la tabla 6, se muestra como ejemplo el caso de prueba CP1-01 Registro de puestos de empleados.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 6 - Ejemplo de caso de Prueba. CP1-01 Registro de puestos de empleados

Información general	
Identificador de caso de prueba:	CP1-01
Nombre de caso de prueba:	Registro de puestos de empleados
Responsable:	Blanca Lilia Cruz Salas
Colaborador:	Carlos Leonardo Cerecedo Cruz
Fecha de creación:	10/02/2022
No. Ciclo:	01
Prueba aprobada:	
Descripción:	Validar si el registro de los puestos de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Puestos" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
Prerrequisitos	Sin prerrequisitos.
Pasos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al Sistema Integral Club Petrolero iniciando sesión con la cuenta del administrador. 2. Dentro de la barra de menús de la pantalla principal identificar el menú desplegable de nombre "Personal" y seleccionar puestos. 3. Dar clic en el botón "Crear nuevo puesto" para agregar un nuevo puesto. 4. Capturar los datos solicitados por el formulario con los datos de entrada. 5. Dar clic en el botón guardar para registrar el nuevo puesto de empleados.
Entrada:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificador del puesto: 4 2. Nombre del puesto: Mesero 3. Descripción: Atiende las solicitudes de platillos de los empleados.
Resultado esperado:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema otorgará la ayuda necesaria en caso de capturar erróneamente un dato. 2. El sistema indicará los campos que son obligatorios. 3. El sistema validará los datos ingresados. 4. El sistema mostrará mensajes de confirmación 5. Durante la ejecución del proceso se logrará optimizar los tiempos y que al final el registro quede guardado en la tabla "Puestos" dentro de la base de datos. 6. El sistema mostrará el registro en el submenú "Puestos", ubicado dentro del menú desplegable llamado "Personal".
Resultado obtenido:	

Fase 4. Ejecución de las pruebas

Se realiza el testeo de los módulos de pedidos y compras de acuerdo con los casos de prueba elaborados en la fase anterior, clasificándose en errores físicos y lógicos los cuales se recogieron de los registros de bitácoras de hallazgos y los bugs tracker levantados para cada requerimiento. Los errores lógicos causan mayor impacto en el cumplimiento de los factores de calidad como es la completitud funcional afectando el cumplimiento de los requerimientos funcionales; y sobre el factor confiabilidad ya que todo sistema debe estar exento de errores u ofrecer capacidad de recuperación de estos. Los errores físicos causan mayor impacto en el factor de calidad de la usabilidad, ya que se relacionan con la apariencia de interfaz, la disposición de opciones claras y necesarias para operar el sistema, mensajes de ayuda y alerta.

A continuación, en la tabla 7 se muestra de manera totalizada los resultados obtenidos durante la ejecución de cada caso de prueba, en la que se muestra su código y nombre, el total de errores físicos y lógicos encontrados en cada uno y la descripción de los errores tanto físicos como lógicos, ordenados en relación con el grado de importancia indicado por medio de una numeración, en donde el número 1 es de mayor importancia y así consecutivamente para que el programador conozca que errores deben atenderse de manera prioritaria.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 7 - Resultados obtenidos en la Ejecución de Casos de Prueba en Modulo pedidos y Compras

Caso de prueba	Hallazgos		Tipos de errores en relación al grado de importancia
	Errores Lógicos	Errores Físicos	
Módulo de pedidos			
CP1-01 Registro de puestos de empleados	1	2	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos nombre del puesto y descripción. Físicos: 2) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 3) El sistema no muestra mensajes de confirmación.
CP1-02 Registro de empleados	1	4	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación. 5) El sistema no muestra mensajes de ayuda en el formulario de registro de empleados.
CP1-03 Registro de áreas administrativas	0	2	Físicos: 1) El sistema no guardar el registro en la tabla área administrativa. 2) El sistema no muestra campo de nombre descripción.
CP1-04 Registro de estatus de pedido	1	3	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de pedidos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación.
CP1-05 Registro de proveedores	1	4	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de pedidos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación.

Caso de prueba	Hallazgos		Tipos de errores en relación al grado de importancia
	Errores Lógicos	Errores Físicos	
Módulo de pedidos			
CP1-06 Levantamiento de pedido	0	0	Ninguno
CP1-07 Editar detalle del pedido.	0	0	Ninguno
CP1-08 Autorización de pedido	0	0	Opciones de mejora: 1) Se recomienda imprimir el pedido en formato PDF.
CP1-09 Rechazar el pedido	0	0	Ninguno
Módulo de compras			
CP1-10 Surtimento del pedido	0	0	Opciones de mejora: 1) Se recomienda imprimir la compra en formato PDF.
CP1-11 Registro de compra	0	0	Ninguno

Fase 5. Evaluación de pruebas

Se evaluaron los resultados obtenidos de cada prueba funcional mostrados en la tabla anterior, para determinar si era aprobado o rechazado en base a los criterios de finalización de pruebas propuesto por el estándar ISO/IEC/IEEE 29119, para posteriormente comparar los resultados obtenidos con las métricas definidas y plantear si es posible continuar con el siguiente ciclo de pruebas que, para este caso, son las pruebas de aceptación. En la tabla 8 se puede observar la escala de errores aplicada de acuerdo al impacto y los criterios de evaluación que se utilizaron en cada ciclo de ejecución de pruebas de función establecidas por la norma ya referenciada.

Tabla 8 - Clasificación de Impactos, Prioridades y Criterio de evaluación de acuerdo a la norma ISO/IEC/IEEE 29119

Impacto	Descripción
Errores graves	La aplicación no funcionará o el sistema falla.
Errores medios	Varios problemas, pero con posibles soluciones.
Errores leves	No impacta en la funcionabilidad o usabilidad de los procesos del sistema.
Prioridad	Descripción
Inmediata	El error debe ser corregido lo antes posible.
Demorada	El sistema es inestable pero el error debe solucionarse antes del siguiente nivel de prueba o incremento.
Diferida	El hallazgo se puede dejar si es necesario debido al tiempo o al costo.
Criterio	Descripción
Aprobado	El Proyecto es aceptado cuando está exento de errores graves o medios. Lo que significa es que si el sistema presenta errores leves podrá ser aprobado.
Rechazado para revisión	Cuando una de las características principales contenga un error grave o medio que impida probar áreas críticas del sistema.
Rechazado	Cuando la solución no cumpla con las funcionalidades definidas en el documento de Especificación de Requisitos del Proyecto.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

En la tabla 9 se muestra de manera totalizada y comparativa los criterios de finalización de las pruebas, evaluadas a partir de los errores presentados durante la ejecución de cada caso de prueba como graves, medios y leves en la primera y segunda evaluación. Los errores graves son aquellos que causan mayor impacto en el funcionamiento del sistema y éstos son relacionados con los errores lógicos; los errores medios son aquellos que se presentan durante el testeo, pero no causan un impacto mayor o son de fácil solución y son asociados a los errores físicos; y por último los errores leves se relacionan a los que no impactan en la funcionalidad ni en la usabilidad.

En la tabla se aprecia en amarillo el número de errores encontrados durante la 1ª evaluación para el módulo de pedidos y compras. Para pedidos de los 11 casos de prueba, se encontraron 6 errores graves, 13 errores medios y 1 error leve; para compras 0 errores graves, 0 errores medios y 1 error leve. Con base en lo anterior, 5 de 9 casos de prueba del módulo de pedidos presentaban errores graves y medios, por lo que fueron rechazados para ser atendidos y asegurar el cumplimiento de los requerimientos del software y el módulo de compras no presentó errores graves ni medios solo uno leve por lo que fueron todos aceptados.

Una vez que los errores fueron atendidos, solo bastó un re-test (Re-evaluación) para confirmar que los hallazgos encontrados durante la fase 4 se solucionaron de manera exitosa y se garantizó que los errores corregidos no hubieran desencadenado otro tipo de errores. En la tabla también se muestran resaltados en rosa los resultados de la segunda evaluación, en donde se aprecia que solo 2 errores graves y 4 errores medios no fueron atendidos debido a los tiempos asignados al plan de pruebas, los cuales fueron atendidos en el siguiente plan de pruebas sin ningún problema.

Tabla 9 - Primera y segunda evaluación de pruebas realizadas en Modulo de Pedidos y Compras

Casos de prueba	Errores presentados						Criterio de finalización			
	Errores graves		Errores medios		Errores leves		Total de rechazadas para revisión		Total de aprobadas	
	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Módulo de pedidos										
CP1-01 al CP1-09	6	2	13	4	1	0	5	4	4	5
Módulo de compras										
CP1-10 al CP1-11	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2
Totales	6	2	13	4	2	0	5	4	6	7

Primera prueba Segunda prueba

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis comparativo de errores encontrados durante las pruebas de funcionalidad (primera y segunda evaluación) en el módulo pedidos y compras.

En la Figura 1 se muestra la comparativa de los resultados obtenidos del incremento de pedidos y de compras respectivamente, respecto a los errores encontrados durante la aplicación del plan de pruebas en la primera y segunda revisión, en donde se puede apreciar una diferencia considerable entre la 1ª y 2ª evaluación.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

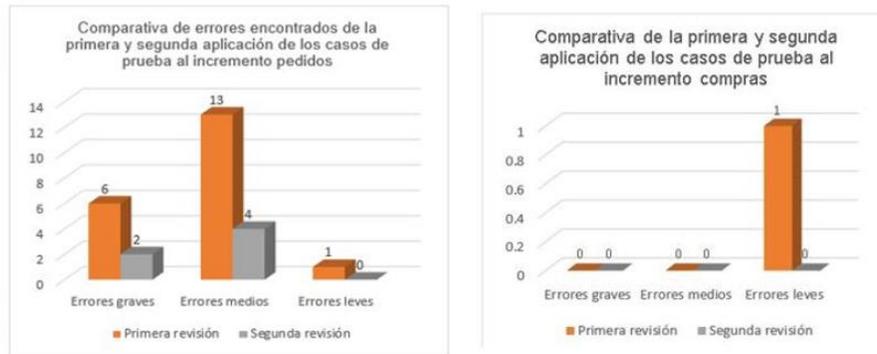


Figura 1 – Comparativa de la 1ª y 2ª aplicación de los casos de prueba al incremento pedidos y compras

En la figura 2 se muestra que en el módulo de pedidos se atendió el 70% de errores presentados que equivale a 14, el 30% faltante equivale a 6 errores no atendidos, lo anterior muestra que los resultados fueron favorables. En el módulo de compras solo se presentó un error y se atendió el 100% de errores presentados demostrando un resultado excelente.



Figura 2 – Comparativa de errores atendidos y no atendidos en los módulos de pedidos y compras

Por lo que se puede concluir que la estrategia de evaluación fue la adecuada ya que, con las gráficas mostradas anteriormente, se ve reflejado en mayor porcentaje el número de errores atendidos en la segunda evaluación. Lo anterior muestra que los resultados fueron favorables y se pudieron atender haciendo uso del formato de gestión de errores elaborado bajo la norma ISO/IEC/IEEE 29119, que permitió identificar los errores de manera clasificada y detallada.

Una vez que el sistema se encontró exento de errores y fue liberado se concluyó con el proceso de evaluación que propone la norma ISO/IEC/IEEE 29119, procediendo a realizar la instalación de los módulos en los equipos de cómputo del área administrativa de la empresa para continuar con la Prueba de aceptación de acuerdo con la norma de calidad ISO/IEC 25010.

Análisis de niveles de aceptación de funcionalidad de requerimientos aplicada a los usuarios

Los resultados de la evaluación de aceptación permitieron dar respuesta a la variable dependiente de la hipótesis, la cual se refiere al grado de Completitud funcional. En la encuesta de validación del cumplimiento de requerimientos del cliente (Prueba de aceptación) se utilizó la escala de Likert: 1 Muy en desacuerdo, 2 En desacuerdo, 3 No estoy de acuerdo, 4 De acuerdo y 5 Muy de acuerdo. Cabe mencionar que las calificaciones De acuerdo y Muy de acuerdo son consideradas como un

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

resultado 100% favorable para su aceptación. Los resultados obtenidos en las encuestas se muestran en la Figura 3 Encuesta a la secretaria y Figura 4 Encuesta a la cajera.

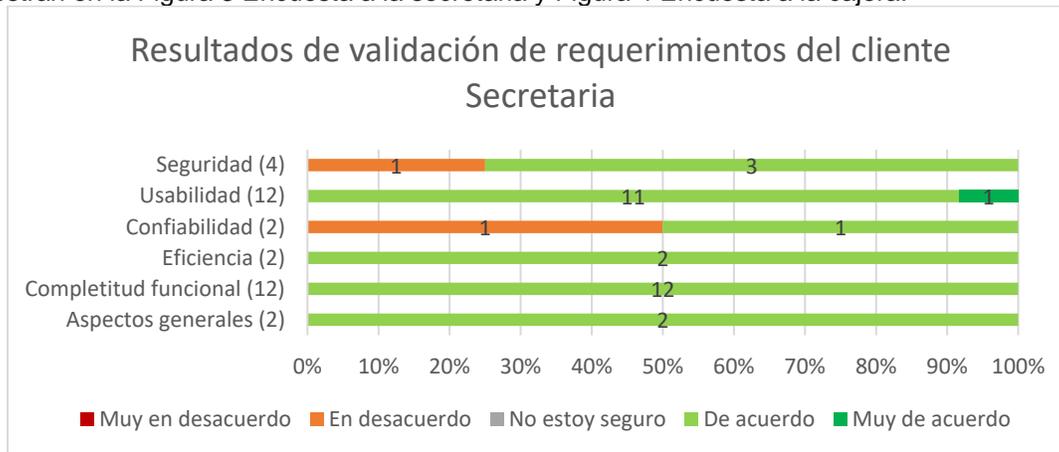


Figura 3 - Resultados de las pruebas de aceptación realizadas a la secretaria.

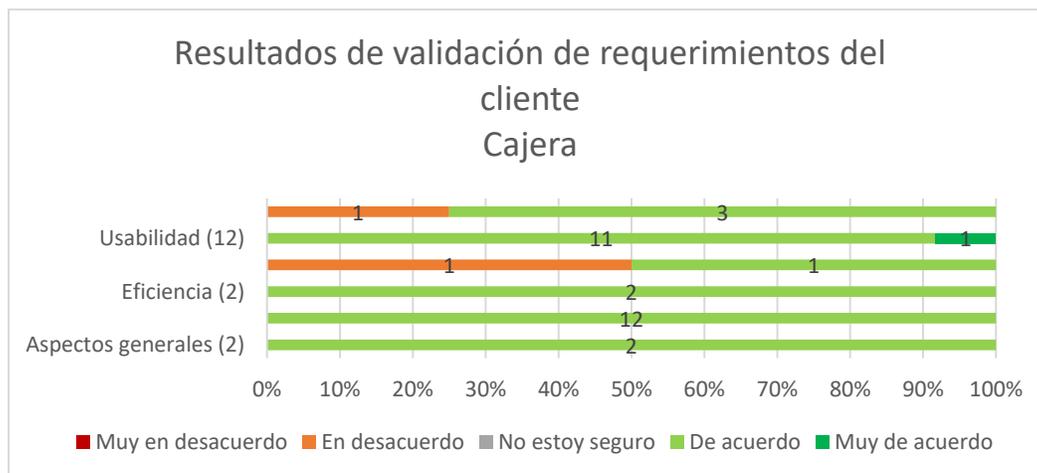


Figura 4 - Resultados de las pruebas de aceptación realizadas a la Cajera.

CONCLUSIONES

La investigación permitió realizar un análisis del estándar ISO/IEC/IEEE 29119, una norma completa que define los procesos que se deben llevar a cabo y las actividades a realizar durante el desarrollo de pruebas, dicho esto se concluyó establecer el estándar como propuesta para la Metodología ágil híbrida en experimentación MDXP (Versión Beta), la cual no tenía definidos los procesos para verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales. Aplicando el marco metodológico desarrollado en base a las buenas prácticas del estándar se obtuvo un plan de pruebas que permitirá validar el cumplimiento de los requerimientos funcionales del cliente, manteniendo o incrementando la calidad del software y la satisfacción del mismo. Así mismo, empleando pruebas de aceptación siguiendo las características de calidad planteadas por el estándar de calidad ISO/IEC 25010 ayudó a validar ante el cliente el cumplimiento de requerimientos funcionales adoptando las características de calidad a la hora de su evaluación, comprendiendo aspectos internos y externos de: Compleitud funcional, confiabilidad, usabilidad y seguridad. Aplicar técnicas basadas en estándares de calidad que permitan verificar y evaluar desde las etapas iniciales, el cumplimiento de los requerimientos

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

funcionales mejora los procesos de producción de software y la calidad del mismo, garantizando la satisfacción del cliente.

REFERENCIAS

- Cruz Salas, B. L., Lara Gómez, M. C., Gayosso Calles, R. M. & Bermúdez Del Angel, L. M., 2020. Aplicación de Metodología Ágil Híbrida MDXP en el desarrollo del Front End de Business Mad Ver. 1.0. *Multidisciplinas de la ingeniería. Universidad Autónoma de Nuevo León*, Volumen 12, pp. 153-163.
- Durand, S. W., 2017. *Análisis y requerimientos de software*. [En línea]
Available at:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4281/1/DO_FIN_103_MAI_UC0939_2018.pdf
- Estévez, J. R., 2020. *La ingeniería de requisitos en el desarrollo de aplicaciones informáticas*. [En línea]
Available at: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinfmed/cim-2020/cim2021.pdf>
- Fuentes, M. d. C. G., 2019. *Fundamentos de ingeniería de software*. [En línea]
Available at: http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Fundamentos_Ing_SW-VF.pdf
- Hernández, W. A. C., 2019. *Elaboración de un marco de trabajo para pruebas de software, basado en el estándar ISO/IEC/IEEE 29119*. [En línea]
Available at:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9758/2/PG%20738%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- IEEE-SA, 1998. *IEEE 830*. [En línea]
Available at: [alaska.edu: http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/cs401/IEEE830.pdf](http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/cs401/IEEE830.pdf)
[Último acceso: 6 enero 2022].
- ISO/IEC, 2016. [En línea]
Available at: <https://www.iso.org/standard/62821.html>
[Último acceso: 2022].
- Mediero, D. J., 2015. *Gestión de la calidad en los Requisitos*. [En línea]
Available at: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25794/PFC_David_Jimenez_Mediero.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montes, M. L. R., 2015. *Proceso de pruebas para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software*. [En línea]
Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n39/v24n39a06.pdf>
- Pressman, R., 2010. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico, séptima edición*. Mexico: Mc Graw Hill, Educación.
- Sommerville, I., 2016. *Software Engineering*. [En línea]
Available at:
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1177979/mod_resource/content/1/Sommerville-Software-Engineering-10ed.pdf