



Tipo de artículo: Artículos originales
Temática: Ingeniería de software
Recibido: 10/06/2024 | Aceptado: 22/08/2024 | Publicado: 30/09/2024

Identificadores persistentes:
DOI: [10.48168/innosoft.s16.a175](https://doi.org/10.48168/innosoft.s16.a175)
ARK: [ark:/42411/s16/a175](https://nbn-resolving.org/ark:/42411/s16/a175)
PURL: [42411/s16/a175](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:pe:ulasalle:innosoft-16-a175)

Propuesta de un modelo de mantenimiento de software para pequeñas empresas en Benguela

Proposal for a software maintenance model for small businesses in Benguela

Roberto Cruz Acosta¹[\[0000-0002-7282-8857\]](https://orcid.org/0000-0002-7282-8857)*

¹Instituto Superior Politécnico Benguela (Ángola). roberto.acosta@ispbenguela.com

*Autor para correspondencia: roberto.acosta@ispbenguela.com

Resumen

Esta investigación se enfoca en la insuficiencia de adaptabilidad del proceso de mantenimiento dentro del ciclo de vida del software de gestión en pequeñas empresas nacionales, basado en estándares internacionales enmarcados en el área, lo cual dificulta guiar el proceso de ejecución del mantenimiento de software. El objetivo principal es proporcionar un modelo de mantenimiento de software ajustado a las necesidades y características específicas de las pequeñas empresas. La metodología utilizada es mixta, donde se reconocieron opiniones de los funcionarios y se utilizó el programa de estadística SPSS para el análisis de los datos. Los resultados esperados del uso y aplicación de esta propuesta de gestión de mantenimiento permitirán extender la vida útil de los sistemas, aprovechando mejor las herramientas informáticas existentes en la empresa. Esto implica reutilizar soluciones implementadas en función de las necesidades actuales, evitando desecharlas. Además, se ofrece un procedimiento detallado que guía la realización del mantenimiento de software en la industria nacional, buscando fortalecer la industria del software en Angola al proporcionar un modelo eficiente y adaptado a las necesidades de las pequeñas empresas. Este estudio presenta una propuesta de procedimiento de mantenimiento de software para pequeñas empresas en Benguela. Se ha utilizado una metodología mixta y se espera que los resultados contribuyan a extender la vida útil de los sistemas y mejorar su operatividad y calidad. La propuesta busca fortalecer la industria del software en Angola al proporcionar un modelo eficiente y adaptado a las necesidades de las pequeñas empresas.

Palabras claves: ciclo de vida del software, mantenimiento de software, industria del software, pequeñas empresas.

Abstract

This research focuses on the insufficient adaptability of the maintenance process within the life cycle of management software in small national companies, based on international standards framed in the area, which makes it difficult to guide the software maintenance execution process. The main objective is to provide the development of a software maintenance procedure adjusted to the specific needs and characteristics of small businesses. The methodology used is mixed, where the opinions of officials were recognized and the SPSS statistical program was used for data analysis. The expected results of the use and application of this maintenance management proposal will extend the useful life of the systems, making better use of the company's existing IT tools. This implies reusing solutions implemented based on current needs, avoiding throwing them away. In addition, a detailed procedure is offered that guides the performance of software maintenance in the national industry, seeking to

strengthen the software industry in Angola by providing an efficient model adapted to the needs of small businesses. This study presents a proposed software maintenance procedure for small businesses in Benguela. A mixed methodology has been used and it is expected that the results will contribute to extending the useful life of the systems and improving their operability and quality. The proposal seeks to strengthen the software industry in Angola by providing an efficient model adapted to the needs of small businesses.

Keywords: *software maintenance, software life cycle, software industry, small companies.*

Introducción

El mantenimiento de software es ampliamente reconocido como la parte más costosa del ciclo de vida del software. A medida que se desarrolla más software, aumenta la complejidad y, por lo tanto, el porcentaje de recursos necesarios para el mantenimiento [1]. En el contexto de la industria del software en Angola, se ha observado que existe una relación inversa entre la proporción de contratos de mantenimiento de software y la facturación total de una empresa. Es decir, cuanto mayor es la proporción de contratos de mantenimiento, menor es el número de nuevos clientes. Esto destaca la importancia de permitir a las pequeñas empresas definir su propio proceso de mantenimiento según sus características y necesidades únicas [2]. El mantenimiento del software se refiere a las actividades realizadas para garantizar que un programa informático siga funcionando correctamente en el tiempo. Esto incluye corregir errores, actualizar para garantizar la seguridad y agregar nuevas funciones según sea necesario [3]. El mantenimiento del software es una parte crucial del ciclo de vida del desarrollo de software y ayuda a garantizar que los sistemas de software sigan siendo eficientes y eficaces [4]. El mantenimiento de software es un proceso fundamental que implica cambios, modificaciones y actualizaciones en el software para satisfacer las necesidades del cliente [5]. Se lleva a cabo después del lanzamiento del producto, con el objetivo de mejorar el software en general, corregir problemas o errores, mejorar el rendimiento y más [6]. El desarrollo y lanzamiento de un nuevo software representa un paso emocionante para cualquier empresa [7]. Requiere una gran cantidad de esfuerzo, incluyendo la construcción y codificación del software, establecer modelos de licencia, realizar actividades de marketing, entre otros [8]. Sin embargo, para que un software sea exitoso a largo plazo, es necesario que se adapte a los cambios y demandas del mercado. Esto implica monitorearlo y mantenerlo adecuadamente [9]. En un entorno tecnológico en constante evolución, es esencial que el software se mantenga actualizado. Los avances tecnológicos y las demandas cambiantes del mercado requieren que el software se mantenga al día. Esto implica realizar cambios y mejoras continuas para garantizar que el software siga siendo relevante y eficiente. El mantenimiento de software representa un desafío significativo para las empresas de la industria del software en Angola. Es crucial que estas empresas sean creativas e innovadoras al definir sus procesos de mantenimiento, teniendo en cuenta sus características y necesidades particulares [10]. Al equilibrar adecuadamente los contratos de mantenimiento y la adquisición de nuevos clientes, las empresas pueden garantizar un crecimiento sostenible y exitoso en la industria del software.

El mantenimiento de software es ampliamente reconocido como la etapa más costosa del ciclo de vida del software [11]. A medida que se desarrolla más software, la complejidad del mantenimiento aumenta, lo que implica destinar un mayor porcentaje de recursos para llevar a cabo estas tareas. En la industria del software en Angola, se ha observado una relación inversa entre la proporción de contratos de mantenimiento de software y la facturación total de una empresa. Cuanto mayor es la proporción de contratos de mantenimiento, menor es el número de nuevos clientes que una empresa puede adquirir. Por otro lado, cuando la proporción de contratos de mantenimiento es menor en relación con la facturación total, se observa una mayor presencia de nuevos clientes en la cartera de la empresa. Esto resalta la importancia crítica del mantenimiento de software para las empresas de la industria del software en Angola. Es esencial permitir que las pequeñas empresas definan su propio proceso de mantenimiento, teniendo en cuenta sus características y necesidades específicas. Al adaptar el proceso de mantenimiento a las particularidades de cada empresa, se pueden lograr mejoras significativas en la operatividad y calidad de los sistemas. Frecuentemente, es necesario realizar mejoras y modificaciones a los sistemas de software existentes en una organización debido a los cambios en los requisitos y demandas de la organización y los usuarios. Esto implica la necesidad de llevar a cabo actividades de mantenimiento del software existente, las cuales pueden representar una parte significativa de los costos en el ciclo de vida del desarrollo del software. Se ha comprobado estadísticamente que el costo del mantenimiento de un producto software a lo largo de su vida útil supera el doble de los costos de su desarrollo. A pesar de esto, muchas organizaciones no prestan la atención suficiente al estudio de este proceso, el cual reviste una criticidad especial para ellas. La confiabilidad del software depende en gran medida del rigor y la calidad con la que se realiza el mantenimiento. Esto pone de manifiesto la importancia crítica del mantenimiento de software para las empresas de la industria del software en Angola. Es fundamental permitir que las pequeñas empresas definan su propio proceso de mantenimiento, teniendo en cuenta sus características y necesidades específicas. Al adaptar el proceso de mantenimiento a las particularidades de cada empresa, se pueden lograr mejoras significativas en la operatividad y calidad de los sistemas. En este artículo científico, se busca abordar la problemática del mantenimiento de software en el contexto de las pequeñas empresas, reconociendo que estas organizaciones tienen limitaciones de recursos y capacidades técnicas. El objetivo principal es proponer un modelo de mantenimiento que sea eficiente y adaptado a las necesidades específicas de estas empresas, permitiéndoles mejorar la operatividad y calidad de sus sistemas de software. La propuesta de modelo de mantenimiento de software se basará en un análisis exhaustivo de las características y necesidades de las pequeñas empresas en Benguela, teniendo en cuenta factores como el tamaño de la empresa, el presupuesto disponible, el nivel de experiencia técnica, entre otros. Se examinarán las mejores prácticas en el campo del mantenimiento de software y se adaptarán a las particularidades y restricciones de las pequeñas empresas en la región. El modelo propuesto se basará en enfoques y metodologías reconocidas en la industria del software, como el enfoque basado en la gestión de configuración, la planificación estratégica del mantenimiento, la gestión de cambios y la mejora continua.

Se buscará proporcionar un marco claro y práctico que las pequeñas empresas puedan seguir para gestionar eficientemente el mantenimiento de sus sistemas de software.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Se exploró la integración de técnicas de proyectos ágiles con el modelo de mantenimiento de software para pequeñas empresas en Benguela, con el objetivo de mejorar la eficiencia y efectividad en la planificación y ejecución del mantenimiento. Se implementó el enfoque Kanban para gestionar el flujo de trabajo, lo cual resultó especialmente útil en el mantenimiento al programar tareas y actividades, y realizar un seguimiento del progreso. La utilización de tableros visuales Kanban permitió a los equipos de mantenimiento gestionar y priorizar las tareas de manera efectiva. Además, se llevaron a cabo sprints de mantenimiento, permitiendo iteraciones cortas en las que se planificaron, ejecutaron y revisaron las tareas de mantenimiento. Estos sprints proporcionaron una estructura clara y permitieron una mayor agilidad en la gestión de las actividades de mantenimiento. Asimismo, se realizaron reuniones diarias de stand-up, constituyendo una parte esencial de la metodología ágil en el mantenimiento. Estas reuniones permitieron la comunicación efectiva entre los miembros del equipo, la identificación de posibles problemas y la toma de decisiones rápidas para garantizar un flujo de trabajo eficiente. En cuanto a la retroalimentación continua, se implementó como un principio fundamental de la metodología ágil. Esto implicó recopilar comentarios y realizar ajustes en el proceso de mantenimiento de manera constante, con el fin de mejorar la calidad del software y adaptarse a las necesidades cambiantes del negocio. Por último, se utilizó la planificación en cascada para establecer prioridades y programar las tareas de mantenimiento de acuerdo con la importancia de cada equipo y el nivel de riesgo asociado a cada tarea. Esta planificación permitió una gestión eficiente de los recursos y una distribución adecuada de las tareas.

Resultados y discusión

Características de la industria de software angolana

La industria del software en Angola enfrenta desafíos y oportunidades específicas debido al contexto del país, impulsada por el crecimiento de la tecnología y la necesidad de soluciones digitales. Algunas de las características de la industria del software en Angola incluyen: Desafíos de la industria del software en Angola:

1. **Infraestructura limitada:** la falta de infraestructura de TI avanzada puede afectar el desarrollo de software en Angola, lo que hace necesario adaptarse a recursos limitados.
2. **Innovación Tecnológica:** A pesar de los desafíos, existen oportunidades para la innovación tecnológica en el desarrollo de software en Angola, especialmente en el contexto de crecimiento económico e inversión

en tecnología.

3. Necesidades locales específicas: el desarrollo de software en Angola debe considerar las necesidades específicas del mercado local, adaptando soluciones para satisfacer las demandas y desafíos únicos del país.
4. Desafíos de reclutamiento y educación: Formar profesionales calificados en desarrollo de software puede ser un desafío que requiere inversión en educación y capacitación técnica.
5. Potencial de mercado: Con la creciente digitalización y adopción de tecnología en Angola, el mercado de soluciones de software se está expandiendo, ofreciendo oportunidades para empresas y emprendedores.

Oportunidades de la industria del software en Angola:

1. Crecimiento: La industria de software angoleña ha experimentado un crecimiento significativo debido a la demanda de soluciones digitales en diversos sectores, como finanzas, telecomunicaciones, salud, entre otros.
2. Competitividad: Las empresas de software en Angola han buscado alinearse con las tendencias tecnológicas, buscando ofrecer soluciones innovadoras y competitivas tanto a nivel nacional como internacional.
3. Asociaciones: Muchas empresas de software angoleñas han establecido asociaciones estratégicas con empresas internacionales, con el objetivo de ampliar su gama de productos y servicios, así como adquirir conocimientos y tecnología avanzada.
4. Inversión en talento: La industria del software en Angola ha invertido en la formación de profesionales calificados en tecnologías de la información y la comunicación, con el objetivo de satisfacer la demanda de especialistas en esta área.

Propuesta de Modelo de Mantenimiento de Software.

El mantenimiento de software es esencial para garantizar la calidad y el rendimiento continuo de las aplicaciones en el tiempo. En este artículo, se propone un modelo de mantenimiento de software que abarca diferentes tipos de mantenimiento, roles y organizaciones participantes, actividades y tareas a realizar, así como las técnicas recomendadas para cada actividad [11]. Se hace especial énfasis en la calidad del software y se establece una distinción clara entre el mantenimiento correcto urgente y los demás tipos de mantenimiento.

Las normas ISO 14764, ISO/IEC 12207, ISO 8402, ISO/IEC 2382-1, ISO/IEC 2382-20 e ISO/IEC DTR 14471 fueron utilizadas en el proceso de mantenimiento de software para establecer un enfoque estructurado. definir

procesos y actividades, establecer una terminología común y garantizar la calidad en el mantenimiento. Estas normas desempeñan un papel importante al proporcionar directrices y estándares reconocidos internacionalmente, lo que permitió mejorar la calidad, eficiencia y efectividad del proceso de mantenimiento de software [12]. “Total Quality Management and European Foundation of Quality Management.” Encyclopedia of Sustainable Management. Cham: Springer International Publishing, 2020. A continuación, se explica cómo se utilizaron estas normas y su importancia en dicho proceso:

1. ISO 14764: La norma ISO 14764 fue utilizada como referencia para establecer un enfoque estructurado y sistemático en el mantenimiento de software, lo que permitió mejorar la calidad y eficiencia del proceso.
2. ISO/IEC 12207: En el contexto del mantenimiento de software, la norma ISO/IEC 12207 fue utilizada para establecer los procesos y actividades necesarias para gestionar exitosamente el mantenimiento del software a lo largo de su ciclo de vida [13].
3. ISO 8402: Esta norma define los términos y definiciones relacionadas con la gestión de la calidad. En el contexto del mantenimiento de software, la norma ISO 8402 fue utilizada para establecer una terminología común y precisa para describir los aspectos de calidad del mantenimiento de software. Esto permitió una comunicación clara y efectiva entre los diferentes actores involucrados en el proceso de mantenimiento.
4. ISO/IEC 2382-1: En el contexto del mantenimiento de software, la norma ISO/IEC 2382-1 fue utilizada para establecer una terminología estándar y precisa para describir los conceptos y actividades relacionadas con el mantenimiento de software. Esto facilitó la comprensión y comunicación efectiva entre los profesionales de la industria.
5. ISO/IEC 2382-20: En el contexto del mantenimiento de software, la norma ISO/IEC 2382-20 fue utilizada para establecer una terminología común y precisa para describir los aspectos técnicos y prácticos del mantenimiento de software. Esto permitió una comunicación clara y efectiva entre los profesionales de la industria y facilitó la colaboración en el proceso de mantenimiento.
6. ISO/IEC DTR 14471: Esta norma proporciona directrices para la gestión de la calidad en el mantenimiento de software. Definir los procesos y actividades necesarias para garantizar la calidad en el mantenimiento de software, incluyendo la planificación, el control, la mejora y la evaluación de la calidad. La norma ISO/IEC DTR 14471 fue utilizada como referencia para establecer prácticas de gestión de calidad efectivas en el proceso de mantenimiento de software.

Un papel crucial en el proceso de investigación jugó la literatura consultada proporcionando fundamentos teóricos, mejores prácticas y enfoques probados en el campo del mantenimiento de software:

Segun autor [4]. Implementación de modelo CMMI nivel 3 en servicio de desarrollo y mantenimiento de software, ejecutado por Canvia. El modelo CMMI para desarrollo, creado por el SEI – Software Engineering Institute de la Universidad Carnegie Mellon a pedido del DoD – Departamento de Defensa de los EEUU, ha trascendido la ingeniería de software para ayudar a organizaciones de diversas industrias a construir, mejorar y medir. sus capacidades, así como a mejorar su rendimiento. Este modelo de referencia abarca actividades para el desarrollo de productos y servicios, incluyendo la gestión de proyectos, procesos, ingeniería de sistemas, hardware, software y otros procesos de soporte. La implementación se llevó a cabo siguiendo el modelo IDEAL SM, con la participación de un equipo de trabajo y asesoría externa, utilizando la metodología de análisis GAP CMMI para identificar las brechas y elaborar soluciones para las áreas de proceso de CMMI nivel 3. Este proceso ha permitido mejorar la calidad y eficiencia del software, cumpliendo con los requisitos del método de evaluación SCAMPI A.

Para el autor [5]. Propuesta de mejora del proceso de paso a mantenimiento de software, para el área de desarrollo tecnológico de la CFCA Ecuador–2021. El estudio se centra en la importancia del mantenimiento de software en el ciclo de vida de los sistemas informáticos, destacando su papel en la corrección de errores y la mejora del rendimiento. Se propone una mejora del proceso de mantenimiento de software para el área de desarrollo tecnológico de CFCA Ecuador, con el objetivo de prevenir y detectar problemas y fallas en los sistemas y programas. Se identificaron ocho procesos claves para optimizar el funcionamiento del software, y se implementaron soluciones para las áreas de proceso de CMMI nivel 3. La implementación se llevó a cabo siguiendo el modelo IDEAL SM, con un costo económico total de \$16,500. Además, se resalta la importancia de desarrollar una propuesta de mejora efectiva para lograr los objetivos empresariales y mejorar la productividad del área de desarrollo tecnológico.

La investigación del autor [9]. Métodos Formales, Ingeniería de Requisitos y Pruebas del Software. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. El texto resalta la importancia de las fases de Ingeniería de Requisitos y Pruebas del Software en el ciclo de vida del desarrollo del software. El objetivo del libro es presentar aportes e investigaciones en estas áreas, reunidos en un solo texto para que los equipos de desarrollo puedan consultarlos con facilidad. Se busca proporcionar teorías y modelos aplicables para mejorar la calidad y confiabilidad del software. Además, se destaca la importancia de la tecnología de los Métodos Formales como una herramienta para resolver la llamada crisis del software, dada la creciente complejidad de los problemas que se pueden resolver con software.

La propuesta de procedimiento para el Mantenimiento de Software es sencilla de aplicar en una pequeña empresa y de fácil entendimiento para el equipo de aplicación [14]. Constituye una propuesta de gran ayuda para las organizaciones en la realización de las funciones de este proceso, como se evidencia en el mantenimiento del sistema. La práctica se basa en la formalización y tiene como objetivo la mejora continua. Se establecen

objetivos de mejora cuantitativa que se revisan y adaptan a los cambios en los objetivos de negocio [15]. La implementación de esta propuesta permitió una mayor confiabilidad en las planificaciones, acuerdos claros sobre el servicio y la funcionalidad del producto a mantener, y la operación basada en estándares documentados, mejorando así la calidad de los productos mantenidos. La propuesta también se enfoca en la predicción del rendimiento y el control del proceso, utilizando técnicas estadísticas adecuadas.

Modelo de Mantenimiento de Software.

- Roles y Organizaciones Participantes:
 - Equipo de Mantenimiento: Responsable de llevar a cabo las actividades de mantenimiento y asegurar la calidad del software.
 - Desarrolladores: Proporcionan soporte técnico y conocimiento especializado sobre el software.
 - Usuarios Finales: Proporcionan retroalimentación sobre problemas y sugerencias de mejora.
- Tipos de Mantenimiento:
 - Mantenimiento Correcto Urgente (MCU): Se realiza de manera no planificable para corregir errores críticos o fallos que afectan la operatividad del software.
 - Mantenimiento Adaptativo: Se realiza para adaptar el software a nuevos entornos tecnológicos, como actualizaciones de sistemas operativos o cambios en el hardware.
 - Mantenimiento Perfectivo: Se enfoca en mejorar el rendimiento y la eficiencia del software mediante mejoras en el código y la funcionalidad.
 - Mantenimiento Preventivo: Se lleva a cabo para prevenir problemas futuros mediante la identificación y resolución temprana de posibles fallos.
- Flujo de Actividades y Tareas:
 1. Recepción y Priorización:
Entrada: Informes de errores, solicitudes de cambios o mejoras.
Tareas: Registrar las solicitudes, evaluar su prioridad y asignar recursos.
 2. Análisis y Diseño:
Entrada: Requerimientos identificados.
Tareas: Analizar los requerimientos, diseñar soluciones técnicas y funcionales.
 3. Implementación y Pruebas:
Entrada: Diseño aprobado.
Tareas: Desarrollar e implementar cambios o correcciones, realizar pruebas unitarias y de integración.

4. Verificación y Validación:

Entrada: Resultados de pruebas.

Tareas: Verificar que los cambios o correcciones cumplan con los requerimientos, validar su funcionamiento.

5. Despliegue y Documentación:

Entrada: Cambios o correcciones validados.

Tareas: Desplegar los cambios en producción, actualizar la documentación correspondiente.

6. Seguimiento y Mejora Continua:

Entrada: Uso del software en producción.

Tareas: Monitorear el desempeño del software, recopilar retroalimentación de usuarios finales, identificar oportunidades de mejora.

■ Técnicas Recomendadas:

1. Pruebas automatizadas: Para garantizar la calidad del software y agilizar el proceso de verificación.
2. Control de versiones: Para gestionar eficientemente los cambios y correcciones realizados.
3. Metodologías ágiles: Para facilitar la adaptación a cambios rápidos y requerimientos emergentes.
4. Revisión de código: Para asegurar la calidad del código fuente y detectar posibles errores.

El modelo propuesto proporciona un marco estructurado para el mantenimiento de software, considerando diferentes tipos de mantenimiento, roles y actividades. Se destaca la importancia de la calidad del software y se establece una diferencia clara entre el mantenimiento correcto urgente y otros tipos de mantenimiento planificables. La aplicación de técnicas recomendadas contribuye a mejorar la eficiencia y efectividad del proceso de mantenimiento. Este modelo puede ser aplicado tanto en proyectos medianos como en proyectos grandes, garantizando una gestión adecuada del software a lo largo del tiempo.

Tabla 1. Modelo de Mantenimiento de Software Inteligente y Basado en Medidas Geométricas.

Actividad	Descripción
Planificación del proceso	Definir los objetivos y alcance del mantenimiento, establecer roles y responsabilidades, asignar recursos y crear un plan detallado para llevar a cabo el proceso de mantenimiento.
Identificación y registro de requisitos	Recopilar y documentar los requisitos y solicitudes de mantenimiento del software.
Análisis y priorización	Analizar y establecer prioridades para determinar qué tareas de mantenimiento se abordarán primero.
Diseño de soluciones	Diseñar soluciones detalladas para abordar los requerimientos de mantenimiento.
Implementación y pruebas	Implementar las soluciones propuestas y realizar pruebas exhaustivas.
Documentación y entrega	Generar documentación detallada de los cambios realizados y entregarla al equipo de desarrollo o usuarios finales.
Retirada y finalización del servicio	Realizar una evaluación final del software y el proceso de mantenimiento, completar cualquier tarea pendiente, documentar lecciones aprendidas y finalizar formalmente el servicio de mantenimiento.
Mejora continua	Identificar oportunidades de mejora en el proceso de mantenimiento y aplicar acciones correctivas para aumentar la eficiencia y la calidad del servicio.

Diagnóstico Proactivo con Inteligencia Artificial

Implementar un sistema de monitorización basado en sensores y aprendizaje automático. Utilizar modelos de predicción para anticipar fallos y problemas en el software. Aplicar técnicas de procesamiento de lenguaje natural para el análisis de registros y tickets de soporte. Mantenimiento Preventivo Guiado por Métricas Geométricas:

Definir un conjunto de métricas geométricas para medir la complejidad, cohesión y acoplamiento del software. Utilizar estos indicadores para identificar las áreas más propensas a problemas y priorizar el mantenimiento. Aplicar técnicas de optimización geométrica para mejorar la estructura del software. Resolución de Incidencias con Lógica Polivalente:

Modelar el proceso de resolución de incidencias utilizando lógica difusa y multivalente. Incorporar reglas borrosas para la priorización y asignación de tareas de mantenimiento. Emplear inferencia difusa para generar recomendaciones de solución basadas en historiales de incidencias. Adaptación Dinámica y Autoaprendizaje:

Implementar un sistema de retroalimentación que permita mejorar continuamente el modelo de mantenimiento. Utilizar técnicas de aprendizaje por refuerzo para ajustar los parámetros del sistema en función del desempeño. Aplicar métodos de transferencia de aprendizaje para aprovechar conocimientos adquiridos en otras organizaciones. Simulación y Planificación Basada en Geometría:

Desarrollar un gemelo digital del sistema de software para simular el impacto de cambios y actualizaciones. Emplear técnicas de optimización geométrica para planificar el mantenimiento y minimizar el impacto en la operación. Visualizar los indicadores y métricas del software en un espacio geométrico para facilitar la toma de decisiones. Gestión Integral Asistida por IA:

Integrar el modelo de mantenimiento con herramientas de gestión de incidencias y proyectos. Utilizar agentes conversacionales y asistentes virtuales para automatizar tareas operativas. Generar informes y análisis avanzados utilizando técnicas de inteligencia artificial. Este modelo de mantenimiento de software innovador aprovecha las capacidades de la inteligencia artificial, la teoría geométrica de la medida y la lógica polivalente para ofrecer una solución integral y adaptativa para pequeñas empresas. Busca anticipar problemas, optimizar el mantenimiento y automatizar tareas, mejorando la eficiencia y la calidad del software.

Es importante destacar que el proceso de mantenimiento de software es iterativo y continuo, involucrando actividades que se retroalimentan entre sí. La planificación inicial establece las bases para el resto de actividades, mientras que la retirada y la finalización del servicio aseguran una conclusión adecuada del proceso. La mejora continua busca optimizar el proceso y garantizar su eficacia a lo largo del tiempo.

Conclusiones

En el presente trabajo, se logró abordar el problema relacionado con la insuficiente adaptabilidad del proceso de mantenimiento dentro del ciclo de vida del software, cumpliendo así el objetivo general proponer un modelo de mantenimiento que sea eficiente y adaptado a las necesidades específicas de estas empresas de software en Benguela-Angola, permitiéndoles mejorar la operatividad y calidad de sus sistemas de software.

La literatura consultada acompaña un papel crucial en el proceso de investigación al proporcionar fundamentos teóricos, mejores prácticas y enfoques probados en el campo del mantenimiento de software. Esta revisión de literatura permitió obtener una base sólida para el desarrollo de la investigación y garantizó que las conclusiones estén respaldadas por conocimientos previos.

La contribución de la investigación al desarrollo y mejora continua del software es significativa. A través de la investigación, es posible identificar nuevas técnicas, enfoques y herramientas que ayudarán a optimizar el

proceso de mantenimiento y garantizar la calidad del software. Además, la investigación en este campo permite mejorar la comprensión de los desafíos y las mejores prácticas relacionadas con el mantenimiento de software, lo que beneficia tanto a los desarrolladores como a los usuarios finales.

La importancia de la investigación en el contexto de la implementación del proceso de mantenimiento de software radica en su capacidad para respaldar las decisiones tomadas durante el proceso y para evaluar los resultados obtenidos. La investigación permite identificar las mejores prácticas y enfoques más efectivos, lo que a su vez contribuye a la mejora continua del proceso de mantenimiento y a la optimización de la calidad y eficiencia del software. El proceso de mantenimiento de software propuesto se implementó con éxito, lo que permitió garantizar la calidad y eficiencia del software a lo largo del tiempo. Los pasos dados en este proceso, como la planificación, identificación y registro de requerimientos, análisis y priorización, diseño de soluciones, implementación y pruebas, documentación y entrega, retirada y finalización del servicio, fueron fundamentales para lograr los objetivos de mantenimiento.

Como resultado de la implementación, se lograron mejoras significativas en la calidad del software y en la eficiencia del mantenimiento, abordando de manera oportuna y efectiva los requerimientos y logrando una mayor satisfacción por parte de los usuarios finales.

Dentro de las recomendaciones, se destaca la importancia de estudiar herramientas que puedan complementarse con el proceso de Mantenimiento de Software y permitir la automatización del procedimiento propuesto. Asimismo, se sugiere profundizar en las métricas a utilizar en cada una de las actividades de la propuesta de mantenimiento de software, lo que permitiría medir aspectos de interés relacionados con la calidad del software durante la fase de mantenimiento, con el fin de introducir futuras mejoras. a la propuesta.

Contribución de Autoría

Roberto Cruz Acosta: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Validación, Redacción - borrador original, Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Recursos, Visualización, Supervisión, Administración de proyectos, Adquisición de fondos, Curación de datos, Escritura, revisión y edición.

Referencias

- [1] C. T. O. GENÉRICAS, “Programa de la asignatura curso: 2007/2008 DISEÑO Y MANTENIMIENTO DEL SOFTWARE II (4446),” Ph.D. dissertation, Universidad de Burgos, 2008. [Online]. Available: https://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/4446_2.pdf

- [2] M. A. Calleja and M. Riesco, *Análisis, diseño y mantenimiento del software*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2007. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Angeles-Riesco/publication/267196110_Analisis_Diseño_y_Mantenimiento_del_Software/links/54be17e50cf218da9391d6ec/Analisis-Diseño-y-Mantenimiento-del-Software.pdf
- [3] M. A. Sicilia, “Conceptos del mantenimiento del software,” 2008. [Online]. Available: <https://silo.tips/download/conceptos-del-mantenimiento-del-software-by-miguel-angel-sicilia>
- [4] Y. J. Ocola Ocola, “Implementación de modelo CMMI nivel 3 en servicio de desarrollo y mantenimiento de software, ejecutado por canvia,” 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/67010d09-78da-4353-a3de-bef59fc69cdd>
- [5] L. F. Tipán Pallo and A. J. Pancho Guaña, “Propuesta de mejora del proceso de paso a mantenimiento de software, para el área de desarrollo tecnológico de la [cfca] Ecuador–2021,” 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.epnewman.edu.pe/handle/20.500.12892/463>
- [6] L. Tamayo Espinosa and N. Silega Martínez, “Aplicación de un proceso para la gestión de la mantenibilidad en el desarrollo de software,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 15, no. 4, pp. 350–365, 2021. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992021000500350&script=sci_arttext
- [7] —, “Gestión de la mantenibilidad desde etapas tempranas en el desarrollo de software,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 15, no. 1, pp. 52–69, 2021. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222718992021000100052&script=sci_arttext
- [8] J. Gadea Pastor, “Desarrollo de aplicación software para la gestión de defectos en mantenimiento base de aeronaves de la empresa Air Nostrum,” 2021. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/169544>
- [9] E. Serna, *Métodos Formales, Ingeniería de Requisitos y Pruebas del Software*. Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación, 2021. [Online]. Available: <https://www.cervantesvirtual.com/obra/metodos-formales-ingenieria-de-requisitos-y-pruebas-del-software-1197198/>
- [10] J. Llanos Castro and J. A. García Rojas, “Propuesta de mejoramiento para elevar el nivel de aprovechamiento del software de mantenimiento Fractal en el laboratorio de investigación hormonal LIH,” 2021. [Online]. Available: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3423249>
- [11] A. F. Montoya Ríos and L. M. Suárez Vásquez, “Proceso para la evolución y mantenimiento de software en las mipymes y los departamentos de desarrollo de software en la ciudad de Pereira (Mantelasoft),” 2019. [Online]. Available: <https://repositorio.autonoma.edu.co/handle/11182/745>

- [12] A. Martens and A. Kleinfeld, “Total Quality Management and European Foundation of Quality Management,” in *Encyclopedia of Sustainable Management*. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 1–7. [Online]. Available: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-02006-4_60-1.pdf
- [13] R. Singh, “Norma Internacional ISO/IEC 12207 procesos del ciclo de vida del software,” *Práctica y mejora de procesos de software*, vol. 2, no. 1, pp. 35–50, 1996. [Online]. Available: <https://www.cpe.ku.ac.th/~jim/219342/articles/Sngh-ISO%2012207%20Software%20Life%20Cycle%20Processes.pdf>
- [14] M. Vega León, “Análisis de la implantación de la metodología SCRUM y la plataforma TFS en la gestión de un proyecto con integración continua en la empresa ANIMSA,” 2020. [Online]. Available: <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/36697>
- [15] J. V. Velásquez Rojas and A. Villar Alvarez, “Impacto de la implementación de factores de mantenibilidad del software en la aplicación web RONVEL-RENT de la empresa Ronvel SAC,” 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23857>
- [16] “ISO/IEC 2382-1:1993(en), Information technology,” 1993. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:2382:-1:ed-3:en>
- [17] “ISO/IEC 2382-20:1990,” 1990. [Online]. Available: <https://en.tienda.aenor.com/norma-iso-iec-2382-20-1990-007264>
- [18] “ISO/IEC TR 14471:2007 - Information technology,” 2007. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/43184.html>
- [19] “ISO/IEC/IEEE 14764:2022. Ingeniería de software. Procesos del ciclo de vida del software. Mantenimiento,” 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/80710.html>