

ANRA: Un sistema automatizado de gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos. Caso: FISC

Raúl I. Ramírez B. ^{ab}¹ , Angela R. Pellecchia M. ¹ 
, Belén Bonilla-Morales² 

¹Licenciatura en Ingeniería de Software – Universidad Tecnológica de Panamá,

²Departamento de Ingeniería de Software – Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, República de Panamá.

raul.ramirez@utp.ac.pa; angela.pellecchia@utp.ac.pa; belen.bonilla@utp.ac.pa;

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4037



Resumen: Entre los años 2015 y 2021, 19.04% de los estudiantes graduandos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá optaron por las modalidades teórica o teórica-práctica para el desarrollo y presentación de sus trabajos de graduación. Distintos desafíos relacionados con el proceso de presentación de estas modalidades sugieren una explicación a este porcentaje tan bajo. Con el objetivo de reducir estos desafíos e incrementar el porcentaje de estudiantes que opten por desarrollar trabajos de graduación teóricos y teórico-prácticos, en este artículo se propone el diseño y desarrollo de un software que permite gestionar estas modalidades de trabajo de graduación de tal forma que se agilicen los procedimientos relacionados y se mejore la experiencia de los estudiantes graduandos y de los demás roles involucrados. Se empleó el modelo de desarrollo en cascada para desarrollar un producto mínimo viable que cubre los requerimientos más importantes del software propuesto y se realizaron pruebas de usabilidad y funcionales para validar y verificar el prototipo. En base a los resultados de las pruebas realizadas, se determinó que el software propuesto contribuiría a que aumente el número de estudiantes que optan por una de dichas modalidades. Además, se obtuvieron altos niveles de satisfacción en el uso del prototipo, por lo que se concluye que el software propuesto tendrá una buena recepción en la comunidad universitaria y mejorará la gestión del proceso de presentación de trabajos teóricos y teórico-prácticos.

Palabras clave: automatización de procesos, modelo en cascada, sistema automatizado, trabajo de graduación teórico, trabajo de graduación teórico-práctico.

Title: ANRA: An automated system for the management of theoretical and theoretical-practical graduation projects. Case: FISC.

Abstract: Between the years 2015 and 2021, 19.04% of graduating students from the Faculty of Computer Systems Engineering at the Technological University of Panama opted for theoretical or theoretical-practical modalities for the development and presentation of their graduation projects. Various challenges related to the presentation process of these modalities suggest an explanation for this low percentage. With the aim of reducing these challenges and increasing the percentage of students who choose to develop theoretical and theoretical-practical graduation projects, this article proposes the design and development of software that allows managing these modalities of graduation work in such a way that the related procedures are streamlined, and the experience of graduating students and other roles involved is improved. The waterfall development model was employed to develop a minimum viable product that covers the most important requirements of the proposed software, and usability and functional tests were conducted to validate and verify the prototype. Based on the results of the tests carried out, it was determined that the proposed software would contribute to an increase in the number of students opting for one of these modalities. Additionally, high levels of satisfaction were obtained in the use of the prototype, so it is concluded that the proposed software will be well received in the university community and will improve the management of the presentation process for theoretical and theoretical-practical works.

Key words: Process automation, waterfall model, automated system, theoretical graduation project, theoretical-practical graduation project.

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 28 de mayo de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

En la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales (FISC) reglamenta las siguientes modalidades de trabajo de graduación: trabajo teórico, trabajo teórico-práctico, práctica profesional, cursos de postgrado, cursos en universidades extranjeras y certificación internacional.

Entre los años 2015 y 2021, 2237 estudiantes culminaron sus trabajos de graduación, según datos facilitados por la Secretaría Académica de la FISC. De estos, un 73.04% que equivale a 1634 estudiantes, eligió materias de postgrado como alternativa al trabajo de graduación, mientras que solo 426 estudiantes, un 19.04%, desarrollaron un trabajo de graduación teórico o teórico-práctico. Se entiende como trabajo teórico aquel centrado en una investigación destinada a profundizar sobre un tema en específico y trabajo teórico-práctico, una tesis caracterizada en aplicar fundamentos teóricos a la solución de un problema.

La crisis generada por la pandemia de Covid-19 condujo a la Vicerrectoría Académica de la UTP a desarrollar un documento titulado "Lineamientos para la tramitación digital y sustentación de trabajo de graduación". Este documento permitió cumplir con las exigencias del reglamento de trabajo de graduación en modalidad

virtual. La urgencia con la que se desarrolló esta guía expuso un proceso que existía hasta los inicios del año 2020, poco sistematizado y completamente manual al momento de gestionar los trámites que conllevan los trabajos de graduación. A grandes rasgos, el nuevo procedimiento establecido en esta documentación se maneja utilizando varias plataformas digitales como el correo electrónico institucional y Microsoft Teams.

Lo anterior sugiere una importante falencia en el proceso de desarrollo de las modalidades de trabajo teórico y trabajo teórico-práctico, que la Universidad debe subsanar a medida que da los primeros pasos para dejar atrás la virtualidad, no solo manteniendo las herramientas y optimizaciones de los procedimientos que surgieron y fueron de gran utilidad durante la crisis sanitaria, sino implementando otras medidas que incentiven a los estudiantes, y permitan que el proceso sea más eficiente.

Para poder mejorar el proceso de presentación de trabajos de graduación teóricos o teóricos prácticos, es importante analizar los factores que estas modalidades conllevan. Para ello se debe evaluar lo que establece el reglamento y qué implicaciones tiene cada aspecto del procedimiento.

Un aspecto importante que considerar a la hora de evaluar la realización de un trabajo teórico y teórico práctico es su viabilidad. El reglamento de trabajo de graduación de la FISC es el único medio directo y accesible para que un estudiante verifique si está calificado para presentar un trabajo de graduación. Además de consultar directamente con profesores o autoridades, no existe manera alguna de atender casos particulares que se puedan presentar debido a distintas circunstancias, y el problema recae en que muchas veces este reglamento no contempla casos de excepción o los deja abiertos “al consentimiento de la Comisión de Trabajo de Graduación”.

La elección de tema de trabajo de graduación también es importante. Los artículos 11, 12 y 32 del Reglamento de Trabajos de Graduación de la FISC, expuestos a continuación, regulan esto.

Artículo 11. El tema de Trabajo de graduación no podrá versar sobre material igual o específico que ya haya sido objeto de trabajo de graduación presentado previamente... En todo caso, los trabajos deberán mostrar aportes originales e independientes de los aportes o méritos alcanzados por el trabajo predecesor.

Artículo 12. El tema de Trabajo de Graduación teórico debe tener relación con una de las líneas de investigación propuestas por la FISC.

Artículo 32. Un tema de Trabajo de Graduación debidamente aprobado por el Vicedecanato Académico será exclusividad de su proponente por un período de hasta dos (2) años calendarios desde el momento de su inscripción. Parágrafo: El Decano podrá otorgar prórroga de hasta seis (6) meses [1].

Sin embargo, para poder velar por el cumplimiento de estos artículos, antes de presentar el anteproyecto es necesario ir a la biblioteca de la universidad y consultar los trabajos de graduación realizados, pero ¿qué sucede con los anteproyectos recién aprobados? No existe una forma rápida de conocer qué temas han sido aprobados con exclusividad en el instante preciso que se va a presentar un anteproyecto. Incluso, el proceso de

consultar los trabajos que reposan en la biblioteca tiene distintas falencias:

El sistema web para consultarlos no los tiene disponible en digital y las fechas de los que aparecen registrados en físico, datan del 2017. Por lo que es muy complejo tanto para los estudiantes, como para los profesores asesores y miembros de la comisión de trabajo de graduación determinar si realmente el tema que se está proponiendo no ha sido desarrollado anteriormente.

En esa misma línea, es muy difícil determinar si se están proponiendo aportes significativos para un trabajo de graduación existente, debido a que, según el reglamento del sistema de bibliotecas de la universidad, se establece que los trabajos de graduación solo se prestan “para consulta interna, en la Sala de Lectura” [2], lo que obliga a los estudiantes, profesores asesores y miembros de la comisión de trabajos de graduación, a asistir a la biblioteca y comparar in situ el anteproyecto que está siendo propuesto contra los existentes.

Esto es de suma importancia debido a que el tiempo máximo que puede tomar la aprobación o rechazo de un anteproyecto es de cuatro semanas, tiempo que, en caso de ser rechazado, se pudo ahorrar si se pudiese asegurar que no se está proponiendo un tema de trabajo de graduación que ha sido desarrollado antes o haya sido aprobado con exclusividad y se esté desarrollando actualmente.

Además de lo anterior, el procedimiento de presentación de un trabajo de graduación en estas modalidades se da en su mayoría de forma manual. No existe un sistema automatizado para llevar dicho proceso que cubra a la comunidad universitaria en su totalidad, entendiéndose estudiantes y profesores, lo que últimamente puede que esté influyendo en la notable minoría de estudiantes que optan por estas modalidades, debido a que para ellos el procedimiento es arcaico y tiene poca retroalimentación.

Por último, resulta complicado para los estudiantes en algunas ocasiones encontrar profesor asesor. En la actualidad no hay mecanismos de conocimiento público, más allá de consultar directamente con los profesores, para saber si un docente está facultado y tiene la disponibilidad para ser asesor de trabajos de graduación.

El presente trabajo propone a “ANRA”, un sistema que si es implementado completamente automatizará el proceso de presentación y sustentación de trabajos de graduación teóricos y teórico-prácticos en la FISC de forma que este proceso sea más eficiente y eficaz para todos los actores involucrados: Administrativos, Docentes y Estudiantes.

Además, contribuye al esfuerzo de las autoridades universitarias para potenciar la investigación científica en la facultad, facilitando la realización de trabajos teóricos y teóricos-prácticos. Las estadísticas generadas por el sistema proporcionan datos claves para respaldar y dar indicios para futuras investigaciones destinadas a potenciar la investigación en la universidad. De esta misma forma, el diseño en módulos del sistema permite su expansión para que el alcance de futuras investigaciones se extienda a otras facultades y otros centros de educación superior.

A continuación, se presentan los antecedentes y trabajos relacionados. En la siguiente sección se plantean los materiales y la metodología utilizada. Seguidamente, se destacan los resultados más relevantes del trabajo y la discusión de estos; y finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Antecedentes y trabajos relacionados

Desde 1993, estudiantes graduandos han señalado la necesidad de sistematizar el proceso de trabajos de graduación, desde la concepción de la idea hasta la entrega de las calificaciones correspondientes. El primer trabajo que abordó el tópico propuso un sistema administrador de trabajos de graduación basado en archivos, utilizando el lenguaje de programación Foxbase+ y las técnicas de modelado propias de la década [3].

Años más tarde, se propuso un módulo de consulta web a la base de datos de trabajo de graduación de la FISC, desarrollado en Visual Basic. Como parte de este trabajo, se incluyeron ofertas de trabajos de graduación que propondrían los docentes, se aplicaron técnicas de modelado UML, se propuso un manual de usuario y se indicaron las formas de contactar a aquellos docentes que podrían ser asesores o evaluadores de tesis [4].

En el 2007, mediante otro trabajo de graduación, se estableció un módulo de captación y estadística de la base de datos de trabajos de graduación de la FISC. El aporte más significativo de este estudio es la extensión de los datos que almacenan de los docentes. Además de esto, es un sistema de base de datos desarrollado en ASP, que almacena, filtra y muestra los datos según parámetros determinados [5]. Ese mismo año, a través de otro trabajo de graduación, estudiantes propusieron un sistema de información automatizado para los trabajos de graduación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP, utilizando Microsoft Access, el cual permite almacenar los datos generales de los trabajos y arrojar datos estadísticos aplicando filtros determinados [6].

En 2015, se propuso un sistema en línea para el registro y control de las opciones de trabajo de graduación. Este sistema le da control al administrador para agregar registros a la base de datos, y genera informes de propiedad intelectual. Esta propuesta plantea modelos UML y utiliza PHP y MySQL para su desarrollo [7].

En 2023, se diseñó un sistema web para la postulación y gestión de solicitudes de trabajos de graduación, siguiendo la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones (RAD). Esta propuesta se elaboró para ser una herramienta de comunicación que enlaza a los estudiantes graduandos con los proyectos planteados por los profesores. En esta propuesta son los profesores quienes determinan qué estudiantes participan en los proyectos mediante un proceso basado en el perfil de los estudiantes [8].

Luego de revisar las propuestas similares en los últimos 27 años, revisamos sistemas disponibles similares al que se están proponiendo en este trabajo. En RWTH AACHEN UNIVERSITY se implementó un sitio web en el que se listan los proyectos en curso que pueden ser utilizados como trabajos de graduación, una breve descripción de estos, las tareas que se deben realizar como parte del proyecto, el perfil del estudiante que buscan y cómo contactar a la organización de este [9].

Thesis Apps proporcionó un sistema mediante el cual se puede publicar y consultar el texto de los trabajos de graduación y las formas de contacto de los autores. La característica más relevante es la posibilidad de agregar la información en distintos formatos incluyendo videos y audios [10]. Finalmente, la propuesta más significativa la planteó Creatrix Campus, su sistema administrador de tesis permite llevar el proceso administrativo, obtener aprobaciones, consultar el repositorio de trabajos existentes, entre otras funcionalidades [11].

3. Materiales y métodos

Para el desarrollo del proyecto, se siguió el modelo de desarrollo de software en cascada. A continuación, se presenta cómo las etapas del modelo en cascada fueron ejecutadas y cuáles fueron las herramientas o técnicas empleadas para cada una. Se utilizó la metodología en cascada debido a la limitada variabilidad de los requerimientos, al reducido número de miembros del equipo de trabajo y al alcance claro planteado para el proyecto.

3.1 Análisis de requerimientos

En palabras de John Johnson, "Primero resuelve el problema, después escribe el código". Para entender mejor el problema qué se busca resolver con esta propuesta de sistema, se emplearon las técnicas de entrevista y revisión de documentos para comprender las necesidades de los clientes.

Esta fase se inició con el posicionamiento y la sentencia del problema, luego se describieron a los usuarios mediante perfiles de usuario, y definición de personas, explicando su entorno, lo que incluye el procedimiento de presentación de trabajos de graduación en la FISC, y estableciendo con claridad y prioridad sus necesidades. Seguidamente se planteó la visión general del sistema, sus supuestos y dependencias, los requerimientos funcionales mediante historias de usuario; los requerimientos no funcionales mediante una adaptación del documento de especificaciones suplementarias, y finalmente se definieron escenarios de uso que brindan un mejor entendimiento de cómo se requiere que funcione el sistema.

En la tabla 1, se plantean las principales acciones por usuario que se pueden realizar con el sistema propuesto.

Tabla 1. Principales acciones de los usuarios del sistema.

Usuario	Acciones de usuario
Toda la comunidad universitaria	Conocer el procedimiento que conlleva la realización de un trabajo de graduación teórico o teórico práctico.
Público en general	Consultar los temas aprobados y reservados con exclusividad para el desarrollo de trabajos de graduación.
	Buscar y consultar los trabajos de graduación que se han realizado.
Estudiantes	Entregar el anteproyecto para su aprobación.
	Consultar el estado del anteproyecto de trabajo de graduación.
	Entregar el trabajo final para la evaluación.
	Solicitar sustentación de trabajo de graduación.
	Proponer miembros para el tribunal examinador.
	Cargar resultados del trabajo de graduación finalizado.
	Solicitar cambio de tema de trabajo de graduación.
	Solicitar cambio de asesor.
	Solicitar cancelación de tema de trabajo de graduación.
Solicitar extensión del tiempo de aprobación del tema de trabajo de graduación.	
Profesores	Aceptar solicitud para evaluar un trabajo de graduación.
	Solicitar la suspensión o cancelación del trabajo de graduación.
	Evaluar los trabajos de graduación.
Decano	Aprobar evaluación de trabajo de graduación
	Aprobar solicitudes relacionadas a trabajos de graduación
Vicedecano Académico y Decano	Dar visto bueno del anteproyecto de trabajo de graduación.
	Aprobar solicitud de sustentación de trabajo de graduación.
Vicedecanato Académico	Verificar entrega de anteproyecto.
Comisión de trabajo de graduación (Jefe de Departamento)	Revisar el anteproyecto.

3.2 Arquitectura

La arquitectura del sistema automatizado de gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá: ANRA, se presenta mediante una adaptación del modelo de 4 + 1 vistas basada en dos vistas estándares, donde cada vista se enfoca en un conjunto específico de conceptos, y adiciona una tercera vista, la vista de datos.

La vista física: comprende un mapeado del software sobre el hardware, mediante el diagrama de despliegue.

La vista de desarrollo: muestra la organización estática de módulos en el entorno de desarrollo, mediante el diagrama de componentes.

La vista de datos: muestra el modelo de la base de datos para el sistema automatizado ANRA.

La vista de desarrollo muestra el sistema desde la perspectiva del programador, centrándose en la estructura interna de la aplicación y cómo se organizan los componentes y módulos de software para lograr los objetivos funcionales. Para representar

esta vista en UML se utiliza el diagrama de componentes, como muestra la figura 1.

A continuación, se presenta la descripción de los componentes:

El componente <Vista> Administración de Usuario contiene todas las interfaces relacionadas con el acceso al sistema, incluyendo iniciar sesión, registrar usuario y modificar usuario. Este componente utiliza la interfaz del componente Usuarios, quien utiliza los componentes de seguridad y base de datos para asegurar las funcionalidades relacionadas a la gestión de los usuarios.

El componente <Vista> Presentación de información utiliza las interfaces de los componentes Trabajo de Graduación y Profesor, que a su vez se conectan con el componente de la base de datos del sistema ANRA-DB, para proporcionar a los usuarios información sobre los trabajos de graduación realizados y reservados con exclusividad necesarios para el proceso que involucra proponer un tema de trabajo de graduación.

El componente <Vista> Gestión de Trabajo de Graduación contiene todas las interfaces de usuario relacionadas al procedimiento de presentación de trabajo de graduación. Este componente utiliza interfaces de los componentes Trabajo de Graduación, Estudiante, Profesor y Administrativo, que a su vez utilizan el componente <DataBase> ANRA-DB para permitir que todos los usuarios lleven el proceso de forma digital, incluyendo la presentación del anteproyecto, la solicitud de sustentación y sus respectivas verificaciones, revisiones, evaluaciones y aprobaciones.

De forma similar el componente <Vista> Manejo de Solicitudes, utiliza a los componentes Trabajo de Graduación, Estudiante, Profesor y Administrativo, que a su vez utilizan el componente <DataBase> ANRA-DB para permitir que el profesor asesor o los estudiantes realicen solicitudes alternas al flujo normal de presentación de trabajo de graduación, cancelar el trabajo de graduación, cambiar el tema de trabajo de graduación, cambiar el profesor asesor y extender el período de aprobación del tema de trabajo de graduación.

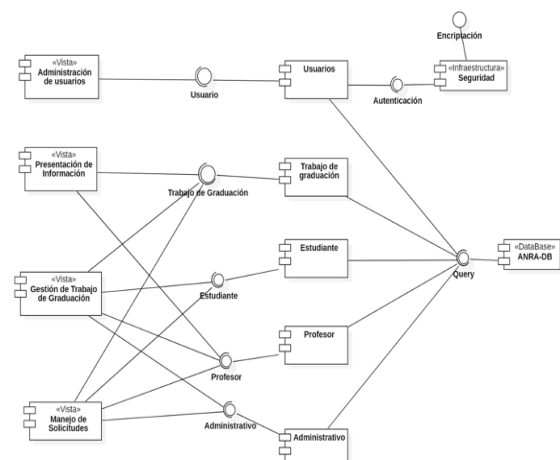


Figura 1. Diagrama de componentes UML.

3.3 Diseño

En esta etapa se empezó con un prototipo de baja fidelidad, utilizando la aplicación Freeform [12], que sirvió para probar conceptos y validar ideas, como se ejemplifica en la figura 2, para la funcionalidad relacionada con la visualización de los trabajos de graduación completados o en desarrollo de un estudiante.

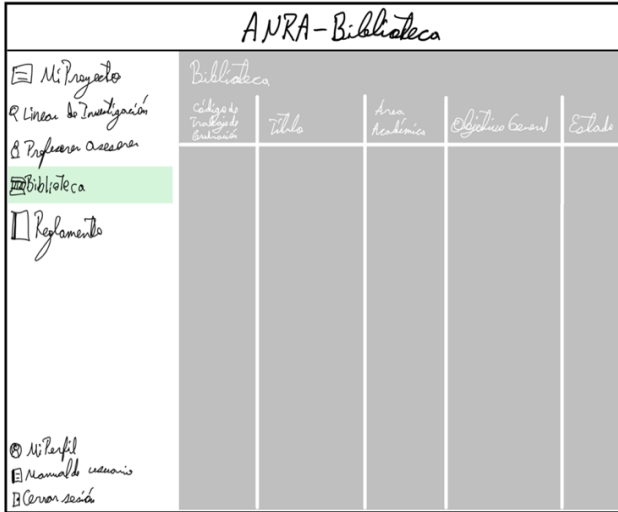


Figura 2. Prototipo de baja fidelidad: interfaz de visualizar biblioteca.

Este prototipo fue transformado a una versión de alta fidelidad, utilizando la aplicación Figma [13], como se presenta en la figura 3. Esta versión se utilizó para realizar pruebas de usabilidad, que se condujeron a través de Microsoft Teams [14], en las que, siguiendo la propuesta de Nielsen [15], participaron cinco estudiantes de la FISC.

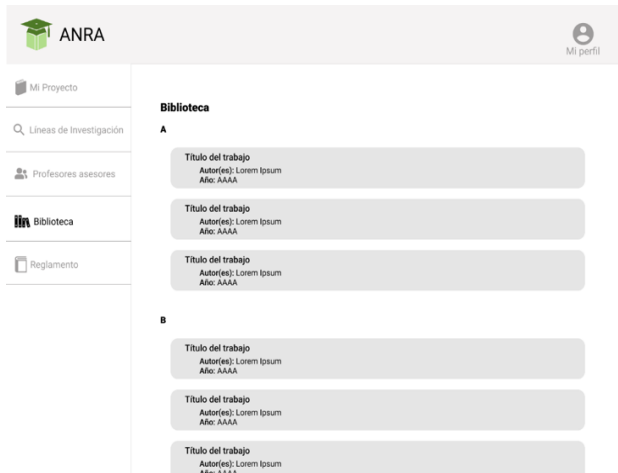


Figura 3 Prototipo de alta fidelidad: interfaz de visualizar biblioteca.

Posteriormente se le efectuaron cambios de acuerdo con los resultados de estas pruebas y se obtuvo un producto mínimo viable implementado durante la codificación del sistema, como muestra la figura 4.



Figura 4. Producto mínimo viable: interfaz de visualizar biblioteca.

3.4 Desarrollo

Durante el desarrollo del sistema, la visión planteada en las etapas anteriores se convierte en código funcional, a través de un producto mínimo viable. Materializando la especificación de requerimientos y las guías de diseño establecidas, se utilizó Visual Studio Code [16] para desarrollar el código del sistema escrito en PHP, CSS, utilizando el marco de trabajo Bootstrap [17], y JavaScript. Se utilizó MySQL Workbench [18] para gestionar la base de datos y Docker [19] para estandarizar el ambiente de desarrollo, y en conjunto con GitHub [20] permitió trabajar colaborativamente y gestionar los cambios al código de forma eficiente. Finalmente, se utilizó Composer [21] para administrar las dependencias en PHP y utilizar PHPMailer [22] y DomPDF [23], que permiten las notificaciones por correo electrónico y generar los formularios requeridos por la FISC, respectivamente.

Finalmente, se puede destacar que además de la documentación interna del código, se siguieron las siguientes convenciones nominales como parte de las buenas prácticas de programación: camelCase (Vistas) [24], PascalCase (Controladores y Modelos) [25], kebab-case (Archivos css) [26], y snake_case (Atributos en la Base de Datos) [27]

En las figuras 5 y 6 se muestran las pantallas de inicio y de visualización de un trabajo de graduación del sistema ANRA, respectivamente.

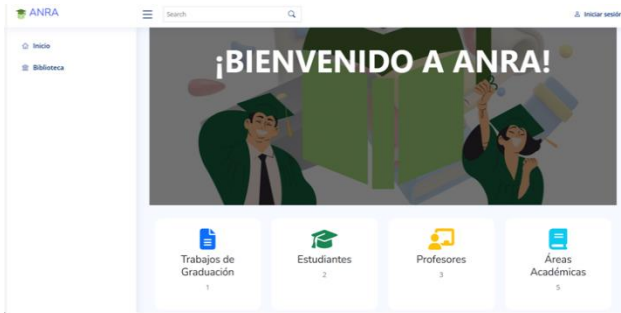


Figura 5. Pantalla de Inicio del sistema propuesto.



Figura 6. Pantalla de visualización de trabajo de graduación.

3.5 Pruebas

Las pruebas de software son la forma más precisa de evaluar y verificar que un producto software está haciendo lo que debe hacer, y no haciendo lo que no debe hacer. Para el sistema propuesto en este trabajo, se efectuaron pruebas unitarias a los métodos del código del producto mínimo viable del sistema, relacionados a las funcionalidades: solicitar sustentación de trabajo de graduación (efectuado por los usuarios estudiantes), y evaluar trabajo de graduación (efectuado por los usuarios profesores, que pertenecen al tribunal examinador de cada trabajo de graduación). De igual forma, se efectuaron pruebas funcionales a estas dos funcionalidades para verificar los requerimientos planteados.

Las pruebas unitarias se diseñaron e implementaron utilizando PHP Unit [28], mediante el gestor de dependencias Composer. Las pruebas funcionales se ejecutaron con Selenium IDE [29] y se documentaron utilizando SpiraTeam [30].

4. Resultados y discusión

Siguiendo la metodología de desarrollo de software en cascada, se codificó un producto mínimo viable del sistema automatizado propuesto para la gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá. Durante la validación del prototipo funcional, el 88% de los participantes indicaron que el sistema propuesto u otro similar, incentivaría el desarrollo de trabajos teóricos o teórico-prácticos

en la facultad, lo cual sugiere que el sistema contribuiría a que aumente el número de estudiantes que optan por una modalidad teórica o teórica-práctica en la FISC. Adicionalmente, el 100% de los participantes indicaron que recomendarían el sistema a otros miembros de la comunidad universitaria, lo que invita a considerar que el sistema propuesto tendrá una buena recepción en la comunidad universitaria y mejorará la gestión del proceso de presentación de trabajos teóricos y teórico-prácticos.

Como muestra la figura 7, todos los usuarios completaron las tareas propuestas, lo que se traduce en un 100% de eficacia. La facilidad de uso de la tarea 1 se ponderó en un 100%, la tarea 2 en un 94%, la tarea 3 en un 96%, y la tarea 4 en un 82%. Uno de los participantes indicó que le dio una ponderación baja a la facilidad de uso de la tarea 4 debido a que "No entendía muy bien por qué se envía el (formulario de registro de) tema y luego se envía el anteproyecto". La satisfacción del usuario en las tareas se ponderó con un 100%, 88%, 96%, y 84% respectivamente.

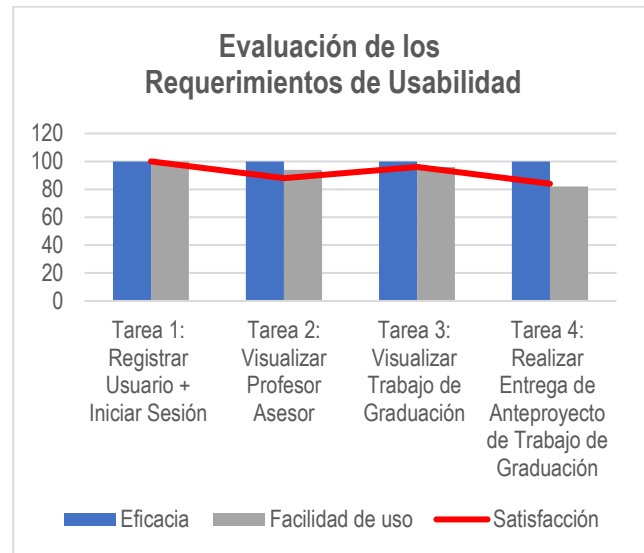


Figura 7. Gráfico: evaluación de los requerimientos de usabilidad.

Durante la verificación del producto mínimo viable se pudo observar cómo los defectos se manifestaban en fallas, y estas fallas, abrían el compás para implementar cambios de distintos tipos. Por ejemplo, se pudo realizar un cambio correctivo en la funcionalidad de evaluar trabajo de graduación, para evitar el ingreso de puntajes no numéricos que afectarían la calificación final de los estudiantes.

Muchas veces existió una inclinación por hacer cambios en el código para que las pruebas fuesen exitosas, lo que nos llevó a apreciar de primera mano la importancia de las pruebas de software; sin embargo, todas las fallas detectadas fueron documentadas y los cambios efectuados. Gracias al alcance de este trabajo de graduación existe una gran oportunidad para aplicar otros cambios preventivos, correctivos y perfectivos en base a los resultados de las pruebas, durante la fase de mantenimiento en futuros trabajos. Estos cambios permitirán el

desarrollo continuo de un mínimo producto viable más eficiente en base a las funcionalidades especificadas en este trabajo.

5. Conclusiones

En este proyecto se diseñó un sistema automatizado que permite gestionar los trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de forma tal que se agiliza su seguimiento y evaluación en la FISC. Las métricas de satisfacción, eficacia y facilidad de uso arrojaron niveles altos durante la validación del prototipo; además, los usuarios indicaron que el sistema propuesto u otro similar, incentivaría el desarrollo de trabajos teóricos o teórico-prácticos, y que recomendarían el sistema a otros miembros de la comunidad universitaria.

Se identificaron las limitantes del sistema propuesto y se recomendó realizar pruebas de usabilidad con profesores y administrativos para extender la validación de los requerimientos y obtener una visión más completa en cuanto a la experiencia de usuario, aumentando la fiabilidad de la extrapolación de los datos obtenidos.

Por último, gracias a la arquitectura planteada para ANRA, el compás para expandir su alcance queda abierto. De forma puntual, en términos de futuros trabajos, se podría incluir a las demás facultades de la universidad e incluso implementar inteligencia artificial para verificar automáticamente las entregas de los anteproyectos de trabajo de graduación.

Referencias

- [1] Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, «Reglamento de Trabajo de Graduación,» 12 Noviembre 2018. [En línea]. Available: https://fisc.utp.ac.pa/sites/fisc.utp.ac.pa/files/documentos/2019/pdf/reglamento_trabajo_graduacion_2018_junta_facultad_12-11-2018.pdf.
- [2] Universidad Tecnológica de Panamá, «Reglamento de Sistema de Bibliotecas,» 28 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://sistemadebibliotecas.utp.ac.pa/reglamento-de-sistema-de-bibliotecas>.
- [3] E. R. Padilla Pérez y A. T. Quintero, «Sistema administrador de trabajos de graduación,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 1993.
- [4] D. Y. De Gracia Stone, S. d. C. Vallejo y M. Prado Amaya, «Módulo de consulta web a la base de datos de trabajo de graduación de la FISC,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2006.
- [5] C. Rodes Nicolaou y E. Samaniego González, «Módulo de captación y estadística de la base de datos de trabajos de graduación de la FISC,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2007.
- [6] I. Urieta Marín y K. L. Pérez, «Diseño e implantación de un sistema de información automatizado para los trabajos de graduación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2007.
- [7] F. Chen, S. Núñez y G. G. Garrido Mendoza, «Sistema en línea para el registro y control de las opciones de trabajo de graduación,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2015.
- [8] K. Morales, J. González, M. S. Torres Ortega, Y. Moreno y N. Ibarra, «Plataforma web para la postulación y gestión de solicitudes de trabajos de graduación de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá (GraduWebUTP),» *Jornada de Iniciación Científica 2023*, 27 Septiembre 2023.
- [9] RWTH AACHEN UNIVERSITY, «Open Theses - RWTH AACHEN UNIVERSITY E.ON ERC ACS - English,» 17 Abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.acs.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-ACS/Studium/Wissenschaftliche-Arbeiten/~fyix/Offene-Arbeiten/?lidx=1>.
- [10] Thesis Apps, «ACS Thesis app,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.thesisapps.com/>.
- [11] Creatrix Campus, «Thesis Management System,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.creatrixcampus.com/thesis-management-system>.
- [12] Apple Inc., «Apple launches Freeform: a powerful new app designed for creative brainstorming and collaboration,» Apple Inc., 13 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.apple.com/newsroom/2022/12/apple-launches-freeform-a-powerful-new-app-designed-for-creative-collaboration/>.
- [13] «Figma: The Collaborative Interface Design Tool,» 12 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.figma.com>.
- [14] Microsoft, «Microsoft Teams,» 1 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/group-chat-software>.
- [15] J. Nielsen, «Why You Only Need to Test with 5 Users,» *Nielsen Norman Group logoNielsen Norman Group*, p. 1, 18 Marzo 2000.
- [16] Microsoft, «Visual Studio Code - Code Editing. Redefined,» 3 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://code.visualstudio.com/>.
- [17] M. Otto y J. Thornton, «Bootstrap,» 2023. [En línea]. Available: <https://getbootstrap.com/>. [Último acceso: 2023].
- [18] Oracle, «MySQL Workbench,» 27 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/products/workbench/>.
- [19] Docker Inc., «Docker,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.docker.com/>.
- [20] GitHub, «GitHub,» 2023. [En línea]. Available: <https://github.com/>.
- [21] J. Boggiano y N. Adermann, «Composer,» 06 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://getcomposer.org/>.
- [22] PHPMailer, «PHPMailer,» 2023. [En línea]. Available: <https://github.com/PHPMailer/PHPMailer>.
- [23] dompdf, «dompdf,» 2023. [En línea]. Available: <https://dompdf.github.io/>.
- [24] M. D. D. J. L. C. M. David W. Binkley, «To CamelCase or under_score,» *IEEE Pres*, p. 177, 2019.
- [25] R. Howell, «CIS 300 Programming Style Requirements,» 2008. [En línea]. Available: <https://people.cs.ksu.edu/~rhowell/300s12/style.ht>. [Último acceso: 2023].
- [26] H. P.-M. H. Fujita, «Generating Program Identifier Dictionary for Maintaining Legacy Systems,» *IOS Press*, vol. 337, p. 3, Septiembre 2021.
- [27] J. A. Giménez, «Buenas prácticas en el diseño de bases de datos,» *Arandu UTIC*, 2021. [En línea]. Available: <http://www.utic.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/86>.
- [28] S. Bergmann, «Welcome to PHPUnit!,» 2 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://phpunit.de/>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [29] Software Freedom Conservancy, «Selenium IDE,» 7 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.selenium.dev/documentation/ide/>.
- [30] Inflectra Corporation, «SpiraTeam,» 12 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.inflectra.com/SpiraTeam>.