

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

SISTEMA CLOUD ERP PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS Y PROCESOS CLAVES DE ASOCIACIONES UNIVERSITARIAS DE ESTUDIANTES

MÓDULO DE EVENTOS

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO/A EN
SOFTWARE**

Javier Steven Revelo Quiroz

javier.revelo@epn.edu.ec

DIRECTOR: PhD. Sandra Patricia Sánchez Gordón

sandra.sanchez@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Javier Steven Revelo Quiroz declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Javier Steven Revelo Quiroz

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Javier Steven Revelo Quiroz, bajo mi supervisión.

PhD. Sandra Patricia Sánchez Gordón
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Javier Steven Revelo Quiroz

PhD. Sandra Patricia Sánchez Gordón

Juan Sebastián Posso Carrasquilla

Valery Antonella Vallejo Barrionuevo

Cristian Andrés Verduga Acosta

DEDICATORIA

A mis padres, por siempre estar conmigo en mis momentos difíciles, llenándome de ánimos buenos valores y haciendo de mí una mejor persona, a ellos les debo todo lo que soy. A mi hermano, que fue quién me inspiró a seguir esta carrera y ha sido un ejemplo seguir para mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por todo el tiempo que dedicó a apoyarme en este camino universitario, por su paciencia y el cariño que me supo brindar para nunca rendirme. A mi padre, por estar pendiente de mí y saber apoyarme cuando más lo necesitaba. A mis padres en general por confiar en mí y ser un pilar fundamental de la persona que soy. Agradezco a mis compañeros y amigos con quienes compartí en las aulas, risas y actividades universitarias a lo largo de esta gran travesía.

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
INDICE DE CONTENIDO.....	5
INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE TABLAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	12
1.1 Objetivo general.....	12
1.2 Objetivos específicos	12
1.3 Alcance	13
1.4 Marco teórico	14
2 METODOLOGÍA.....	18
2.1 Proceso de desarrollo	18
2.2 Propuesta de heurísticas de usabilidad	19
2.3 Propuesta de normas de seguridad.....	23
2.4 Diseño de procesos	26
2.5 Roles del sistema.....	31
2.6 Descripción perfiles de usuario.....	31
2.7 Gestión de requisitos	35
2.8 Diseño de la arquitectura	39
2.9 Diseño de base de datos	41
2.10 Prototipado.....	42

2.11	Desarrollo e implementación.....	43
2.12	Evaluación de usabilidad	46
2.13	Evaluación de seguridad.....	54
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
3.1	Resultados de entrevistas Think Aloud.....	65
3.2	Encuesta SUS.....	67
3.3	Encuesta NPS.....	68
3.4	Encuesta de cumplimiento de heurísticas.....	70
3.5	Resultados usando SortSite.....	72
3.6	Resultados de métricas servicios cloud	73
3.7	Resultado de Microsoft defender for cloud.....	75
3.8	Resultados SAST.....	76
3.9	Conclusiones	77
3.10	Recomendaciones	79
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
5	ANEXOS.....	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tablero Kanban en Clickup.	18
Figura 2. Diagrama de proceso de gestión administrativa de FEPON.	27
Figura 3. Diagrama de proceso de planificación de un evento.	29
Figura 4. Diagrama de proceso de ejecución de evento.	30
Figura 5. Diagrama de proceso de cierre del evento.	31
Figura 6. Perfil de usuario presidente.	32
Figura 7. Perfil de usuario vicepresidente.	33
Figura 8. Perfil de usuario director.	33
Figura 9. Perfil de usuario vocal.	34
Figura 10. Perfil de usuario administrador.	35
Figura 11. Parte del backlog de Kanban para miembros administrativos.	36
Figura 12. Parte del backlog de Kanban para el módulo de eventos.	38
Figura 13. Diagrama de arquitectura del sistema.	39
Figura 14. Diagrama base de datos.	42
Figura 15. Prototipo interfaz login.	43
Figura 16. Prototipo interfaz eventos.	43
Figura 17. Prueba unitaria para el método post.	45
Figura 18. Prueba de renderización del formulario para añadir un evento al interactuar con un botón.	45
Figura 19. Entrevistas think aloud con la presidenta de la federación.	47
Figura 20. Formulario para encuestas SUS.	48
Figura 21. Formulario para encuestas NPS.	50
Figura 22. Formulario para encuestas de cumplimiento de heurísticas.	53
Figura 23. Métricas utilizadas para el análisis de usabilidad.	53
Figura 224. Roles implementados.	61
Figura 25. Políticas de acceso basado en roles.	61
Figura 26. Configuración SonarCloud.	65
Figura 27. Distribución términos recurrentes.	66
Figura 28. Puntaje promedio por enunciado encuesta SUS.	68
Figura 29. Gráfica de clasificación NPS.	69
Figura 30. Puntaje promedio encuesta de cumplimiento de heurísticas.	70
Figura 31. Resultados de evaluación de usabilidad para el módulo de eventos usando SortSite.	72

Figura 32. Resultados de evaluación de usabilidad para el módulo de solicitudes de presupuesto usando SortSite.....	73
Figura 33. Métricas de servidor SQL.....	74
Figura 34. Métricas de API management.	74
Figura 35. Resumen general de Microsoft Defender for Cloud.....	75
Figura 36. Resumen recomendaciones de Microsoft Defender for Cloud.....	76
Figura 37. Resultados generales de análisis código estático.	76
Figura 38. Resultados específicos de análisis código estático.	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propuesta de heurísticas de usabilidad.	20
Tabla 2. Propuesta de seguridad.....	24
Tabla 3. Roles del sistema.	31
Tabla 4. Épicas del desarrollo general del sistema.....	35
Tabla 5. Historia de usuario GEN-Actualización.	35
Tabla 6. Épicas del componente de eventos.	37
Tabla 7. Historia de usuario EV-Preparación del evento.....	37
Tabla 8. Enunciados de encuesta SUS.	47
Tabla 9. Rating de puntaje SUS.	48
Tabla 10. Clasificación encuesta NPS.....	49
Tabla 11. Clasificación de resultados NPS.	49
Tabla 12. Heurísticas para encuesta de cumplimiento.....	50
Tabla 13. Rango de cumplimiento de heurísticas.	52
Tabla 14. Análisis de riesgo.....	57
Tabla 15. Contabilización de palabras recurrentes.	66
Tabla 16. Promedio de puntaje por enunciado encuesta SUS.....	67
Tabla 17. Resultado rating SUS.	68
Tabla 18. Resultados clasificación NPS.	69
Tabla 19. Resultados NPS.	70
Tabla 20. Puntaje promedio y rango de cumplimiento de heurísticas.	71

RESUMEN

Actualmente, la Federación de Estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional carece de una plataforma centralizada para gestionar eficientemente la planificación, ejecución y seguimiento de eventos en el ámbito universitario. Para abordar esta problemática, como parte del sistema Cloud ERP, se propone el componente de gestión de eventos, diseñado para optimizar todas las funciones relacionadas con la organización de eventos. Este módulo facilita el registro detallado de todas las actividades, mejorando la coordinación y el control de eventos, y asegurando que cada actividad sea documentada y gestionada adecuadamente. La integración con el módulo financiero del ERP, aunque no necesariamente automática, garantiza un flujo coherente de información que respalda la toma de decisiones basada en datos precisos. Además, el uso de servidores en la nube asegura la disponibilidad continua de información. El componente tiene una base sólida de usabilidad, ya que sigue una combinación de guías de usabilidad seleccionadas específicamente para un sistema ERP. Además, se implementan las prácticas de seguridad óptimas, siguiendo el ciclo de desarrollo seguro del software. Como metodología de desarrollo, se utilizó Kanban, lo que permitió un desarrollo flexible y adaptado a las necesidades cambiantes del producto.

PALABRAS CLAVE: eventos, ERP, federación estudiantil, Kanban, usabilidad, seguridad, Cloud ERP.

ABSTRACT

Currently, the Federation of Students of the National Polytechnic School lacks a centralized platform to efficiently manage the planning, execution and monitoring of events in the university environment. To address this problem, as part of the Cloud ERP system, the event management component is proposed, designed to optimize all functions related to the organization of events. This module facilitates the detailed recording of all activities, improving the coordination and control of events, and ensuring that each activity is properly documented and managed. The integration with the financial module of the ERP, although not necessarily automatic, guarantees a coherent flow of information that supports decision making based on accurate data. In addition, the use of cloud servers ensures the continuous availability of information. The component has a solid usability base, as it follows a combination of usability guides selected specifically for an ERP system. In addition, optimal security practices are implemented, following the secure software development cycle. As a development methodology, Kanban was used, allowing for flexible development adapted to the changing needs of the product.

Keywords: events, ERP, student federation, Kanban, usability, security, Cloud ERP.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El Módulo de Gestión de Eventos es una pieza esencial del Sistema Cloud ERP, diseñado específicamente para optimizar las funciones relacionadas con la planificación, ejecución y seguimiento de eventos en el ámbito universitario. Este módulo facilita el registro detallado de todas las actividades relacionadas con la organización de eventos, contribuyendo a una gestión transparente y eficiente. La inclusión de este componente permite una mejor coordinación y control de eventos, asegurando que cada actividad sea documentada y gestionada adecuadamente.

El desarrollo del módulo se llevó a cabo en varias fases: diseño, implementación y pruebas. Durante la fase de diseño, se creó diagramas de procesos y prototipos que representen las funcionalidades del módulo. La fase de implementación se centró en desarrollar las funcionalidades definidas, asegurando una integración fluida con el sistema ERP general. Finalmente, en la fase de pruebas, se realizó evaluaciones exhaustivas para asegurar que el módulo funcione de manera eficiente y cumpla con los requisitos establecidos.

El Módulo de Gestión de Eventos se enfoca en proporcionar herramientas robustas para la planificación y ejecución de eventos, permitiendo a los usuarios coordinar todas las actividades necesarias de manera efectiva. Al facilitar el control y el registro de información relacionada con eventos, este módulo no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también asegura la precisión y disponibilidad continua de la información, respaldada por servidores en la nube disponibles 24/7.

1.1 Objetivo general

El propósito principal del Módulo de Gestión de Eventos es proporcionar las herramientas necesarias para una planificación y ejecución eficientes de eventos en el ámbito universitario. Busca contribuir a la gestión integral de actividades, ofreciendo transparencia en los procesos de coordinación y facilitando el control y registro de información relacionada con eventos.

1.2 Objetivos específicos

- Asegurar la precisión de la información vinculada a eventos respaldando los datos con documentación detallada de cada actividad.
- Controlar y gestionar el acceso a la información del módulo mediante credenciales de usuario, asegurando la seguridad del sistema y la confidencialidad de los detalles de cada evento.

- Garantizar la disponibilidad continua de información relacionada con eventos mediante el uso de servidores en la nube disponibles 24/7.

1.3 Alcance

Fase de Requerimientos:

En esta etapa, se realizó un minucioso análisis de requisitos para el Módulo de Gestión de Eventos, detallando las necesidades específicas y centrándose en las funciones y características esenciales para satisfacer las demandas de coordinación de eventos en el ámbito universitario.

Fase de Diseño:

La fase de diseño se enfocó en la creación de diagramas de procesos fundamentales y prototipos. Asimismo, se desarrolló un diagrama de arquitectura del sistema para proporcionar una visión clara de la estructura y la relación de cada componente dentro del entorno del ERP, garantizando una planificación eficiente de eventos.

Fase de Desarrollo:

Durante la fase de desarrollo del Módulo de Gestión de Eventos, se trabajó en materializar las funcionalidades delineadas en la fase de diseño en un sistema operativo funcional. Esto incluye la codificación de las lógicas de negocio y la implementación de la interfaz de usuario, asegurando que el módulo cumpla con los requisitos y objetivos establecidos. Además, se llevó a cabo la creación de las estructuras de datos, procesos y flujos de trabajo necesarios para el funcionamiento eficiente del componente.

Fase de Implementación:

La implementación del Módulo de Gestión de Eventos engloba la configuración de una comunicación efectiva entre módulos, garantizando una integración fluida en el sistema ERP. Se realizó una prueba inicial de la funcionalidad del módulo junto con otros componentes para verificar la interoperabilidad y detectar posibles problemas de integración en el ámbito de la gestión de eventos.

Fase de Pruebas y Evaluación:

Esta etapa es crucial para asegurar la calidad y eficiencia del Módulo de Gestión de Eventos. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas de usabilidad, evaluación de rendimiento y pruebas de integración, asegurando que el componente cumpla con los estándares de funcionalidad y se integre sin problemas con el sistema global de gestión de eventos. Los

resultados obtenidos en estas pruebas orientaron los ajustes y mejoras necesarios antes de la implementación final.

1.4 Marco teórico

En esta sección se presentan los conceptos clave que fundamentan el desarrollo y la implementación de un sistema cloud ERP, proporcionando un marco teórico comprensivo y detallado. Los sistemas cloud ERP representan una evolución significativa en la gestión de recursos empresariales, combinando la eficiencia y la flexibilidad de los entornos en la nube con las capacidades integradas de planificación de recursos empresariales. Para entender a fondo este sistema, es crucial explorar y entender una variedad de tecnologías y metodologías subyacentes que contribuyen a su diseño, desarrollo y operación.

A continuación, se enumeran los términos y conceptos que son abordados en esta sección:

- Enterprise Resource Planning (ERP)
- Microservices Architecture
- Views Role-Based
- TypeScript
- React
- OAuth 2.0
- Chakra UI
- C#
- .NET Core
- Figma
- SAP Power Designer
- Azure DevOps
- Azure Data Studio
- Visual Studio Code
- Web App Services
- API Management
- Microsoft Entra ID
- Microsoft Defender for Cloud
- Azure Monitor

ERP

Enterprise Resource Planning (ERP) se refiere a sistemas de software integrados que manejan y automatizan muchos de los procesos empresariales asociados con las operaciones de producción y distribución de una empresa. Estos sistemas permiten la gestión de recursos, operaciones y relaciones con clientes mediante un único sistema cohesivo. Los ERP facilitan el flujo de información entre todas las funciones de negocio dentro de la organización y gestionan las conexiones con las partes interesadas externas. El objetivo principal es optimizar y mejorar la eficiencia de los procesos empresariales mediante la centralización de la información y la automatización de tareas repetitivas [1].

Microservices Architecture

La arquitectura de microservicios es un estilo de arquitectura de software que estructura una aplicación como un conjunto de servicios acoplados libremente. Estos servicios son independientes, desplegados de manera autónoma y organizados alrededor de capacidades de negocio específicas. Este enfoque permite una escalabilidad y flexibilidad superior en comparación con las arquitecturas monolíticas tradicionales, ya que cada servicio puede ser desarrollado, desplegado y escalado de manera independiente. Los microservicios facilitan la implementación continua y la adaptación rápida a los cambios en los requisitos del negocio [2].

Views Role-Based

Las vistas basadas en roles son un mecanismo de control de acceso en sistemas informáticos donde los permisos y accesos a ciertos datos y funcionalidades están determinados por el rol del usuario dentro de la organización. Este enfoque garantiza que los usuarios solo puedan acceder a la información y ejecutar las tareas que son relevantes para sus responsabilidades, mejorando así la seguridad y la eficiencia operativa. Al centralizar y simplificar la gestión de permisos, se reducen los riesgos de acceso no autorizado y se mejora la auditoría y el cumplimiento normativo [19].

TypeScript

TypeScript es un lenguaje de programación que extiende JavaScript añadiendo tipado estático opcional. Está diseñado para el desarrollo de aplicaciones grandes y transcompila a JavaScript. TypeScript permite a los desarrolladores detectar errores antes de ejecutar el código y mejora la productividad mediante características como autocompletado y refactorización [3].

React

React es una biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario. Desarrollada por Facebook, React permite crear componentes reutilizables que gestionan su propio estado. Es conocida por su eficiencia en la actualización y renderización de los componentes cuando los datos cambian [4].

OAuth 2.0

OAuth 2.0 es un protocolo de autorización que permite a las aplicaciones obtener acceso limitado a los recursos de usuario en un servidor HTTP. Simplifica el proceso de autorización para servicios web y aplicaciones móviles mediante la delegación de acceso sin compartir credenciales [5].

Chakra UI

Chakra UI es una librería de componentes de React que son accesibles, reutilizables que optimiza el desarrollo de sitios web. Esta librería ofrece una gran gama de componentes que se pueden combinar para crear interfaces de usuario complejas, así como también permite cumplir con las mejores prácticas de accesibilidad [6].

C#

C# es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft como parte de su plataforma .NET. Es utilizado para desarrollar una amplia variedad de aplicaciones, desde aplicaciones de escritorio hasta servicios web y aplicaciones móviles [7].

.NET Core

.NET Core es una plataforma de desarrollo modular y multiplataforma para construir aplicaciones modernas, basadas en la nube y de alta rendimiento. Es una versión de .NET diseñada para soportar entornos de ejecución en Windows, Linux y macOS [8].

Figma

Figma es una herramienta de diseño colaborativo basada en la web, que permite a los equipos trabajar juntos en tiempo real en el diseño de interfaces de usuario. Proporciona herramientas para diseño vectorial, prototipado y generación de especificaciones para desarrolladores [9].

SAP Power Designer

SAP Power Designer es una herramienta de modelado y gestión de datos que soporta el diseño de arquitecturas empresariales, análisis de impacto y generación de documentación. Es utilizada para modelar datos, procesos y arquitecturas, y para gestionar cambios en estos modelos [10].

Azure DevOps

Azure DevOps es un conjunto de herramientas para el desarrollo de software que soporta la colaboración en proyectos, integración continua, entrega continua y gestión de versiones. Facilita el desarrollo ágil y mejora la productividad del equipo [11].

Azure Data Studio

Azure Data Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) diseñado para gestionar, desarrollar y administrar bases de datos SQL en Azure y servidores locales. Ofrece funcionalidades de administración de datos, desarrollo de consultas y visualización de datos [12].

Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligero pero potente, desarrollado por Microsoft. Ofrece soporte para depuración, control de versiones Git, resaltado de sintaxis, autocompletado inteligente y extensiones que agregan funcionalidades adicionales [13].

Web App Services

Azure App Service es un servicio de computación basado en la nube para alojar aplicaciones web, APIs RESTful y back-ends móviles. Proporciona escalabilidad automática y alta disponibilidad, simplificando la gestión de infraestructura [14].

API Management

Azure API Management es una plataforma que permite a las organizaciones publicar, asegurar, transformar, mantener y monitorear APIs. Facilita la gestión del ciclo de vida de las APIs y asegura el acceso mediante autenticación y autorización [15].

Microsoft Defender for Cloud

Microsoft Defender for Cloud es una plataforma de gestión de la postura de seguridad en la nube y protección contra amenazas. Proporciona herramientas para evaluar, mejorar y monitorear la seguridad de recursos en la nube y locales [17].

Azure Monitor

Azure Monitor es un servicio que maximiza la disponibilidad y el rendimiento de aplicaciones y servicios mediante la entrega de una solución completa para la recopilación, análisis y actuación sobre datos de telemetría de entornos en la nube y locales [18].

2 METODOLOGÍA

2.1 Proceso de desarrollo

Kanban es una metodología ágil que se enfoca en la gestión visual del trabajo y la mejora continua del flujo de trabajo. Se originó en la década de 1940 en la industria manufacturera de Toyota y se ha adaptado ampliamente al desarrollo de software y otros sectores. El objetivo principal de Kanban es incrementar la eficiencia, la visibilidad del trabajo en curso y la flexibilidad del equipo. Además, a diferencia de otras metodologías ágiles como Scrum, Kanban no mantiene roles específicos lo que permite que el equipo de trabajo se adapte a los cambios y prioridades que se presenten a lo largo del desarrollo.

Kanban ofrece herramientas que apoyan la implementación de la metodología como las que se muestran a continuación.

Tablero Kanban: Tablero visual que contiene el flujo de trabajo, este tablero se divide en tres columnas que representan distintos estados del desarrollo. Estos estados son: Pendientes (To do), en proceso (In progress) y por último completadas (Done).

Para el desarrollo del proyecto se usó una herramienta llamada Clickup <https://app.clickup.com> que proporciona la herramienta del tablero de Kanban y otras funcionalidades adicionales como la de asignación de tareas, visualización de prioridad, estado de las tareas y tiempos de entrega como se puede apreciar en la Figura 1.

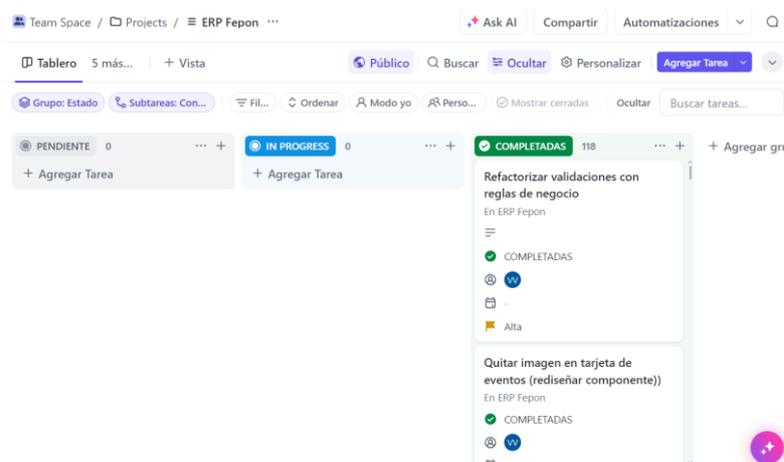


Figura 1. Tablero Kanban en Clickup.

Gracias a esta herramienta, el flujo de trabajo se hace completamente visible para todos los desarrolladores, fomentando la colaboración entre los miembros del equipo. Además, facilita la comunicación respecto al estado de las tareas y las necesidades de apoyo dentro del equipo, lo que permite una entrega continua de tareas y un flujo de trabajo fluido y eficiente. El tablero realizado puede ser revisado en el siguiente [enlace](#).

2.2 Propuesta de heurísticas de usabilidad

Para garantizar que el sistema propuesto provea una experiencia al usuario de calidad y cumpla con los principios de usabilidad, se decidió adoptar un enfoque integral utilizando como base cuatro guías de usabilidad ampliamente utilizadas.

Heurísticas de usabilidad de Nielsen

Nielsen provee una lista de diez principios generales para el diseño de interacción. Se les llama "heurísticas" porque son reglas generales y no pautas específicas de usabilidad. Los principios son bastante amplios y se aplican prácticamente a cualquier tipo de interfaz de usuario, incluidas las interfaces basadas en caracteres y las interfaces gráficas. Estos principios se utilizan como base para una inspección sistemática de una interfaz de usuario para encontrar sus problemas de usabilidad [20].

Heurísticas de Colombo & Pash para una experiencia de usuario óptima

Presenta diez heurísticas para garantizar una experiencia de usuario óptima, derivadas de una inspección crítica de la teoría del flujo y aplicándola al contexto de la interacción humano-computadora. Las heurísticas están destinadas como pautas para los profesionales al diseñar y evaluar productos interactivos [21].

Norma ISO 9241 Parte 110: Principios de Interacción

Esta norma describe los principios de interacción y recomendaciones generales de diseño que son independientes de cualquier técnica de interacción específica y que son aplicables en el análisis, diseño y evaluación de sistemas interactivos. Estos principios de interacción y recomendaciones generales de diseño pueden guiar el desarrollo y la evaluación de interfaces de usuario, lo que conduce a una mejor usabilidad [22].

Evaluación de Bastien & Scapin de Interfaces Humano-Computador

Provee una manera de desarrollar métodos y herramientas que incorporen factores humanos en el proceso de diseño y evaluación de interfaces humano-computadora. Este

diseño de criterios se considera como un medio para definir y operacionalizar dimensiones de usabilidad. Además, con respecto a la evaluación, representa una forma de mejorar la completitud y la explicitud del diagnóstico, de estandarizar el formato de la evaluación y de documentar mejor la evaluación. Los criterios ergonómicos de evaluación permiten identificar problemas de usabilidad, mejorar la experiencia de usuario y guiar el proceso de diseño de interfaces [23].

Heurísticas seleccionadas

En base a los estándares seleccionados para brindar una experiencia de usuario de calidad, haciendo un enfoque en las necesidades del sistema cloud ERP y de los usuarios finales que usarán el sistema, se han seleccionado las siguientes heurísticas para nuestro caso específico, como se puede observar en la Tabla 1. Esta selección de heurísticas también puede ser revisadas en el anexo I.

Tabla 1. Propuesta de heurísticas de usabilidad.

	HEURÍSTICAS DE USABILIDAD	DESCRIPCIÓN
Heurísticas de Usabilidad de Nielsen	Visibilidad del estado del sistema.	El diseño siempre debe mantener a los usuarios informados sobre lo que está sucediendo, mediante una retroalimentación adecuada y en un tiempo razonable.
	Coincidencia entre el sistema y el mundo real.	El diseño debe utilizar el lenguaje de los usuarios. Utilizar palabras, frases y conceptos familiares para el usuario, en lugar de jerga interna. Siga las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.
	Control y libertad del usuario.	Los usuarios a menudo realizan acciones por error. Necesitan una "salida de emergencia" claramente marcada para abandonar la acción no deseada sin tener que pasar por un proceso prolongado.
	Consistencia y estándares.	Los usuarios no deben preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo. Siga las convenciones de la plataforma y de la industria.

	Prevencción de errores.	Elimine las condiciones propensas a errores o verifique su presencia y presente a los usuarios una opción de confirmación antes de que se comprometan con la acción.
	Ayude a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores.	Los mensajes de error deben expresarse en lenguaje sencillo (sin códigos de error), indicar claramente el problema y sugerir constructivamente una solución.
	Ayuda y documentación.	Proporcionar documentación para ayudar a los usuarios a entender cómo completar sus tareas. El contenido de ayuda y documentación debe ser fácil de buscar y estar centrado en la tarea del usuario.
ISO 9241 Parte 110 Principios de Diálogo	Idoneidad para la tarea.	La interacción es adecuada para una tarea cuando apoya al usuario en la realización efectiva y eficiente de la misma.
Heurística de Colombo y Pasch	Metas claras.	El propósito del sistema debe ser claro, debe cumplir, o incluso superar, las expectativas del usuario. El sistema debe ser diseñado con las adecuadas capacidades para informar explícitamente a los usuarios sobre su propósito. El sistema debe ser funcional, debe cumplir con los propósitos destacados por las capacidades y satisfacer las expectativas de los usuarios.
	Conozca las motivaciones de su usuario.	El sistema debe ayudar a los usuarios a cumplir con las motivaciones detrás de su uso y satisfacer las necesidades psicológicas básicas.

		<p>El sistema debe diseñarse teniendo en cuenta a los usuarios finales y la actividad que buscan realizar.</p> <p>El sistema debe ser flexible para adaptarse a varios usuarios, actividades y contextos diferentes.</p> <p>Cuando corresponda, el sistema debe ayudar a los usuarios a satisfacer las tres necesidades psicológicas básicas: competencia, autonomía y relación.</p>
	<p>Innovación conservadora.</p>	<p>El sistema debe ser innovador y conservador al mismo tiempo.</p> <p>El sistema debe proporcionar un cierto grado de innovación.</p> <p>El sistema debe ser el resultado de un compromiso entre la innovación y la tradición, donde la tradición se entiende como consistencia con sistemas familiares y cumplimiento de estándares.</p> <p>El sistema debe garantizar la interoperabilidad para integrarse sin problemas en el contenido existente.</p>
<p>Evaluación de Bastien & Scapin de las Interfaces Humano-Computador</p>	<p>Orientación.</p>	<p>El sistema debe contar con los medios para asesorar, orientar, informar, instruir y guiar a los usuarios durante sus interacciones con una computadora (mensajes, alarmas, etiquetas, etc.), incluyendo desde un punto de vista léxico, abarcando los siguientes puntos:</p> <p>El prompting, que abarca que una interfaz debe tener los medios para dirigir a los usuarios hacia acciones específicas.</p> <p>La agrupación de distintos elementos que estén relacionados entre sí.</p> <p>La legibilidad, que concierne a las características léxicas de la información presentada en la interfaz que pueden dificultar</p>

		o facilitar la lectura de esta información, tales como brillo de los caracteres, contraste entre la letra y el fondo, tamaño de fuente, espacio entre palabras, espacio entre líneas.
	Carga de trabajo.	<p>Concierna a todos los elementos de la interfaz que juegan un papel en la reducción de la carga perceptual o cognitiva de los usuarios, y en el aumento de la eficiencia de la interacción, abarcando los siguientes puntos:</p> <p>La brevedad, que corresponde al objetivo de limitar la carga de lectura y entrada, así como el número de pasos de acción.</p> <p>La densidad de información, que corresponde a la carga de trabajo de los usuarios desde un punto de vista perceptual y cognitivo con respecto al conjunto completo de información presentada a los usuarios.</p>

2.3 Propuesta de normas de seguridad

Para garantizar la protección adecuada de los datos confidenciales y la integridad del sistema, se adopta un enfoque integral utilizando como base tres guías de seguridad líderes en la industria: la norma ISO/IEC 27001, OWASP Top 10 y CWE Top 25.

Estas guías proporcionan un marco sólido para identificar, mitigar y gestionar los riesgos de seguridad de manera efectiva, asegurando así que nuestro sistema ERP cumpla con los estándares más altos de seguridad.

ISO/IEC 27001

Esta norma establece los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la seguridad de la información (SGSI). Al seguir las directrices de ISO/IEC 27001, podemos asegurarnos de que nuestro sistema ERP en la nube cumpla con los estándares internacionales de seguridad de la información. Esto implica la adopción de políticas de seguridad claras, la asignación de roles y responsabilidades, la gestión de riesgos y la implementación de controles de seguridad adecuados [24].

OWASP Top 10

Esta lista recopila las diez vulnerabilidades más críticas en aplicaciones web, identificadas por la Open Web Application Security Project (OWASP). Las vulnerabilidades incluidas van desde problemas de inyección de código hasta la exposición de datos sensibles. Al adoptar las recomendaciones de OWASP Top 10, podemos abordar las vulnerabilidades más comunes y peligrosas que podrían afectar a nuestro sistema ERP en la nube, asegurando así su robustez y resistencia ante posibles ataques [25].

CWE Top 25

Esta lista enumera los 25 problemas de seguridad de software más comunes y críticos. Estas vulnerabilidades van más allá de las aplicaciones web y cubren una amplia gama de riesgos, desde inyecciones de código hasta desbordamientos de búfer. Al integrar las mejores prácticas de CWE Top 25 en nuestro proceso de desarrollo y diseño de software, podemos identificar y mitigar eficazmente las vulnerabilidades que podrían comprometer la seguridad de nuestro sistema ERP en la nube [26].

Controles de seguridad seleccionados

Con base en las tres guías usadas como referentes de seguridad, se han establecido específicamente los siguientes puntos para evaluar la seguridad del Sistema Cloud ERP desarrollado, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Propuesta de seguridad.

	Control de Seguridad	Descripción
OWASP TOP 10	A01:2021 - Control de Acceso Roto	Este riesgo se refiere a la falta de restricciones adecuadas en el acceso a funciones o datos dentro de una aplicación web. Si no se implementan correctamente los controles de acceso, los atacantes pueden acceder a recursos no autorizados.
	A03:2021 - Inyección	Las vulnerabilidades de inyección ocurren cuando los datos no confiables se insertan en comandos o consultas de forma insegura. Esto puede dar lugar a ataques como la inyección SQL o la inyección de comandos.

	A04:2021 - Diseño Inseguro	Este riesgo se centra en los defectos de diseño que pueden afectar la seguridad de una aplicación. Es fundamental considerar la seguridad desde el principio y aplicar patrones de diseño seguros.
	A05:2021 - Configuración Incorrecta	Las configuraciones incorrectas pueden exponer vulnerabilidades en una aplicación. Es importante revisar y ajustar adecuadamente la configuración de la aplicación y sus componentes.
	A06:2021 - Componentes Vulnerables y Obsoletos	El uso de componentes con vulnerabilidades conocidas puede poner en riesgo una aplicación. Es crucial mantener actualizados los componentes y gestionar las dependencias.
	A07:2021 - Fallos de Identificación y Autenticación	Los fallos en la autenticación pueden permitir a los atacantes acceder a cuentas no autorizadas. Es importante implementar mecanismos sólidos de autenticación e identificación.
	A09:2021 - Fallos de Acceso a Funciones	Los fallos en el acceso a funciones pueden permitir a los usuarios realizar acciones no autorizadas. Es importante validar los permisos de acceso y limitar las funciones según el rol del usuario.
	A10:2021 - Lógica de Negocio Rota	Los errores en la lógica de negocio pueden dar lugar a comportamientos inesperados o a la manipulación de procesos críticos. Es fundamental revisar y probar exhaustivamente la lógica de la aplicación.
CWE top 25	CWE-79: Generación incorrecta de páginas web	También conocido como 'Cross-site Scripting'. Permite a los adversarios inyectar scripts no deseados en páginas web.
	CWE-125: Lectura fuera de límites	Permite a los adversarios leer datos fuera de los límites previstos.

CWE-22: Cruce o salto de directorios	Permite a los adversarios acceder a archivos y directorios fuera de los límites previstos.
CWE-352: Falsificación de petición en sitio (CSRF)	Permite a los adversarios forzar al usuario a ejecutar acciones no deseadas.
CWE-502: Deserialización de datos no confiables	Permite a los adversarios deserializar datos no confiables.
CWE-522: Credenciales insuficientemente protegidas	Permite a los adversarios acceder a credenciales insuficientemente protegidas.
CWE-732: Asignación incorrecta de permisos para recurso crítico	Permite a los adversarios acceder a recursos críticos con permisos incorrectos.
CWE-918: Falsificación de petición del lado del servidor (SSRF)	Permite a los adversarios forzar al servidor a realizar acciones no deseadas.

2.4 Diseño de procesos

El diseño de procesos es fundamental para comprender el funcionamiento actual de la Federación de Estudiantes y cómo puede integrarse el Sistema Cloud ERP en sus actividades y procesos habituales. La Federación de Estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional gestiona una variedad de tareas administrativas a través de diferentes módulos, cada uno de los cuales abarca aspectos cruciales como las finanzas, el inventario, la planificación de eventos y la información organizacional. Además, estos diseños están

realizados con la notación de diagramación de procesos de negocio BPMN, que es un estándar de carácter global que representa de manera gráfica todas las actividades y flujos de información que forman parte de un proceso organizacional [16].

Los diagramas de procesos proporcionan una representación visual detallada de estos flujos de trabajo, permitiendo identificar áreas de mejora y optimización mediante la implementación del sistema Cloud ERP. Los diagramas correspondientes al modulo de eventos también pueden ser revisados en el anexo II.

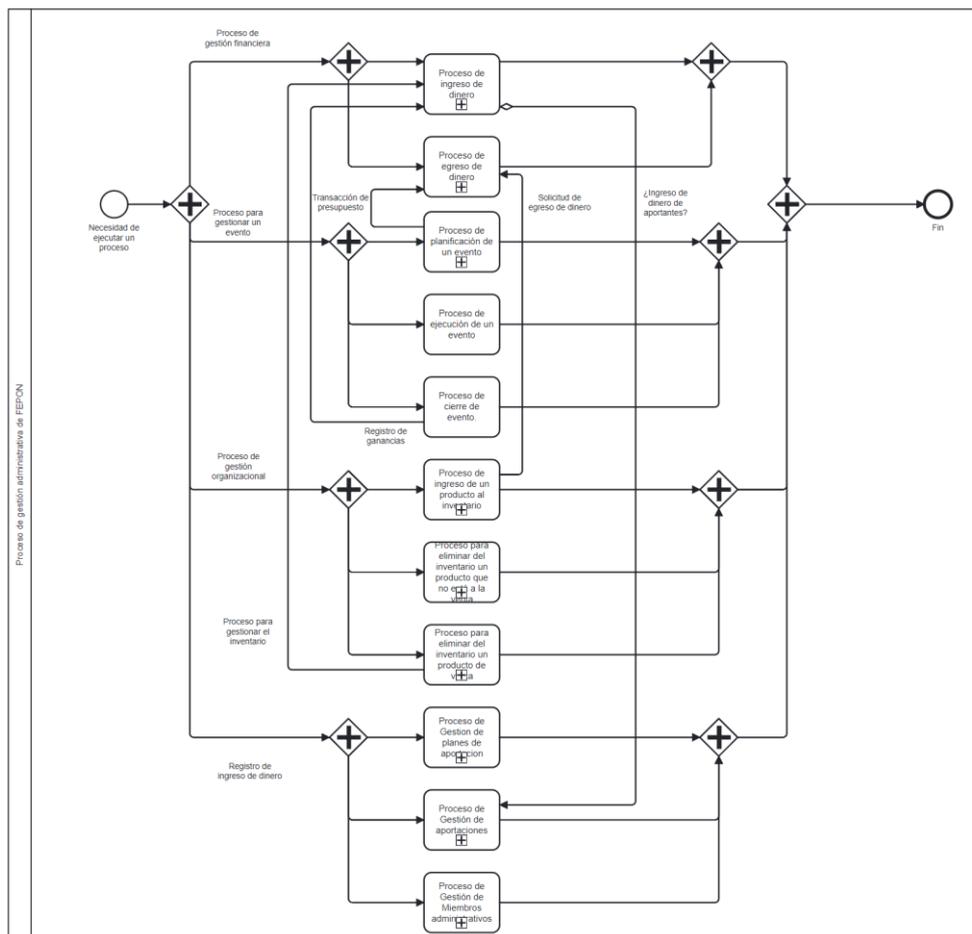


Figura 2. Diagrama de proceso de gestión administrativa de FEPCON.

Proceso de Planificación de un Evento

- Definir encargados del evento: Identificación y definición de los encargados del evento.
- Definir Actividades: Una vez definidos los encargados, se definen las actividades necesarias para la organización del evento.
- Definir fecha del evento: Luego se determina la fecha en que se llevará a cabo el evento.
- Definir si el evento generará ingresos: Se evalúa si el evento generará ingresos.

- Revisión de necesidades de espacio/instalaciones de la universidad: Se revisan las necesidades de uso de espacios para el evento en caso de ser necesarias.
- ¿se necesitan instalaciones?

Se determina si es necesario el uso de espacios, el lugar y disponibilidad de éstos.

- No: Si no se necesitan instalaciones, el proceso continúa.
- Sí: Si se necesitan instalaciones, se genera una solicitud de uso del espacio/instalaciones.
- Generar solicitud de uso de espacio/instalaciones: En caso de que se necesiten instalaciones adicionales, se genera y envía una solicitud para su uso.
- Definir presupuesto para el evento: Con las necesidades de espacio y otras consideraciones claras, se define el presupuesto requerido para el evento.
- ¿Se aprobó el evento?

Se evalúa si el evento ha sido aprobado.

- No: Si el evento no es aprobado, el proceso termina aquí.
- Sí: Si el evento es aprobado, se verifica si se necesita un presupuesto adicional.
- ¿Se necesita presupuesto?

Se determina si es necesario solicitar un presupuesto adicional.

- No: Si no se necesita presupuesto adicional, el proceso continúa con la preparación del evento.
- Sí: Si se necesita un presupuesto adicional, se solicita dicho presupuesto.
- Solicitar presupuesto: En caso de necesitar presupuesto adicional, se solicita formalmente.
- Recepción del presupuesto: (Se espera a la respuesta del otro subproceso) Se recibe el presupuesto solicitado.
- Preparación para el evento: Finalmente, se realizan todas las actividades necesarias para la preparación del evento, completando así el proceso.

Proceso de Aprobación del Presupuesto

- Recibir presupuesto: El presupuesto es recibido para su revisión.
- Revisión de solicitud de presupuesto: La solicitud de presupuesto es revisada para determinar su viabilidad y necesidades.

¿Presupuesto aprobado?

- Sí: Si el presupuesto es aprobado, se envía la aprobación y se procede a la transacción del presupuesto.
- No: Si el presupuesto no es aprobado, se informa de la desaprobación.

- Transacción del presupuesto: Se realiza la transacción del presupuesto aprobado, completando así el proceso.

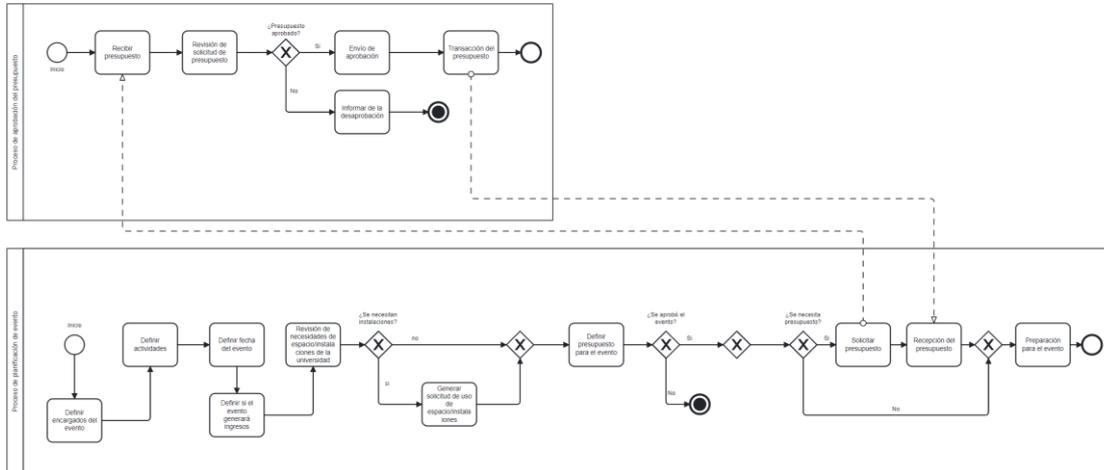


Figura 3. Diagrama de proceso de planificación de un evento.

Proceso de Ejecución de Pre-evento

- Planeación de Contrataciones: El proceso comienza con la planeación de las contrataciones necesarias para el evento.
- ¿Se Necesitan contrataciones?

Se toma una decisión sobre si se requieren contrataciones.

- Sí: Si se necesitan contrataciones, se procede a registrarlas.
- No: Si no se necesitan contrataciones, se pasa directamente a la preparación del espacio para el evento.
- Registrar contrataciones: En caso de que se necesiten contrataciones, estas contrataciones son registradas.
- Realizar pagos de contrataciones: Una vez registradas las contrataciones, se realizan los pagos correspondientes a los contratistas.
- Registrar pagos: Se registran los pagos realizados por las contrataciones al departamento financiero.
- Preparación del espacio para el evento: Se llevan a cabo las actividades necesarias para preparar el espacio donde se realizará el evento.
- ¿Existen cobros pendientes antes del evento?

Se verifica si hay cobros pendientes antes del inicio del evento.

- Sí: Si hay cobros pendientes, se registran los pagos.
- No: Si no hay cobros pendientes, el proceso de pre-evento concluye.

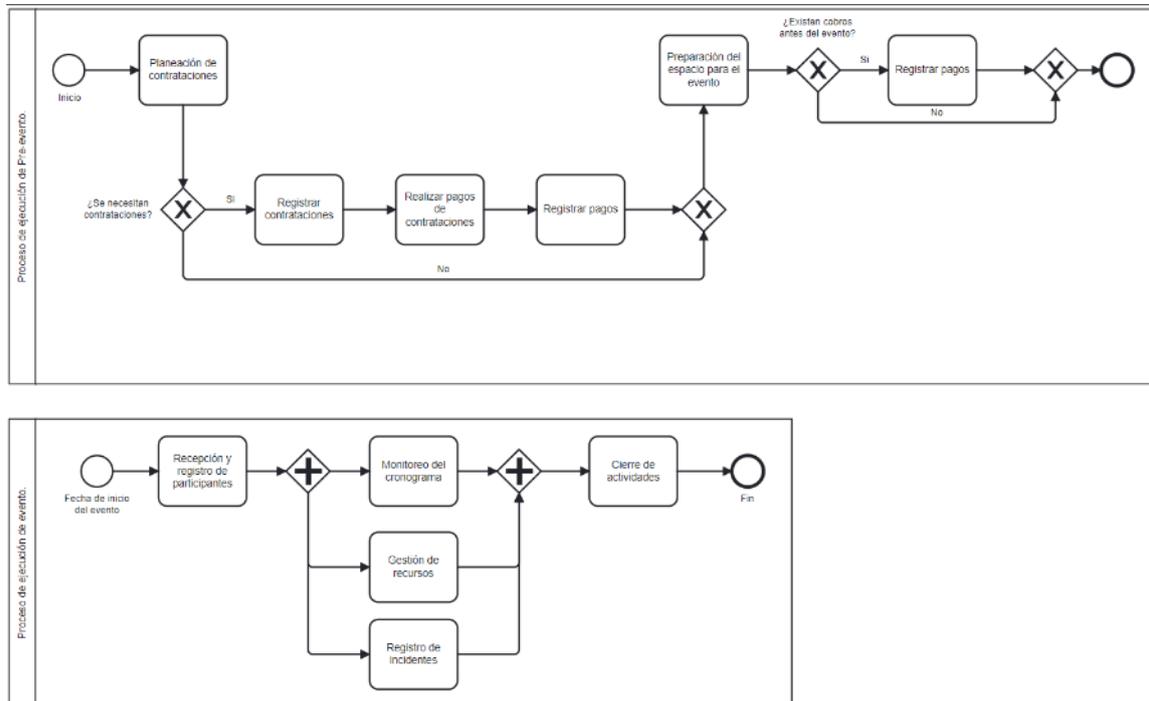


Figura 4. Diagrama de proceso de ejecución de evento.

Proceso de Ejecución del Evento

- Recepción y registro de participantes: El proceso comienza con la recepción y el registro de los participantes en el evento.
- Monitoreo del cronograma: Durante el evento, se realiza un monitoreo continuo del cronograma para asegurar que todas las actividades se desarrollen según lo planificado.
- Gestión de recursos: Se gestionan los recursos necesarios durante el evento para garantizar que todo funcione correctamente.
- Registro de incidentes: Cualquier incidente que ocurra durante el evento se registra para su posterior revisión.
- Cierre de actividades: Una vez concluido el evento, se procede al cierre de todas las actividades y se da por finalizado el proceso.

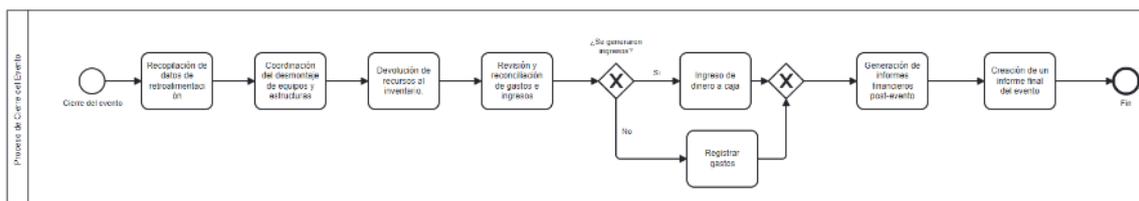


Figura 5. Diagrama de proceso de cierre del evento.

2.5 Roles del sistema

Los roles del sistema se definen en función de las responsabilidades y necesidades que tengan los distintos miembros administrativos dentro de la federación estudiantil. Cada rol accede a diferentes componentes del sistema ERP según sus funciones.

A continuación, en la Tabla 3 se detalla los roles y como estos se relacionan con los módulos del sistema.

Tabla 3. Roles del sistema.

	Administrador	Financiero	Inventario	Gestión Organizacional	Eventos
Presidenta	X	X	X	X	
Vicepresidente	X	X	X	X	X
Secretaria				X	
V. Financiera		X	X		
D. de Financiera		X	X		
D. de Cultura					X

2.6 Descripción perfiles de usuario

Es fundamental describir detalladamente los perfiles de usuario para poder enfocar de manera precisa los requisitos del sistema y comprender plenamente las necesidades de cada uno. Conocer los roles y responsabilidades específicos de cada usuario permite diseñar soluciones personalizadas que optimicen su desempeño y faciliten su trabajo diario. Esto no solo mejora la usabilidad del sistema, sino que también garantiza que todas las funciones críticas estén alineadas con los objetivos y expectativas de los diferentes actores dentro de la federación.

A continuación, se presentan los perfiles clave que interactúan con el sistema Cloud ERP, proporcionando una visión clara de sus funciones y necesidades específicas. Los perfiles también pueden ser revisando en el anexo III.

Presidente

Fernando es un estudiante con habilidades de liderazgo excepcionales. Como presidente, es la cara visible de la federación y el principal portavoz. Su responsabilidad es asegurar que todas las actividades y decisiones de la federación estén alineadas con sus objetivos estratégicos. Supervisa todas las áreas, toma decisiones críticas y coordina la comunicación entre los diferentes departamentos y equipos. Este perfil se puede ver en la figura 6.

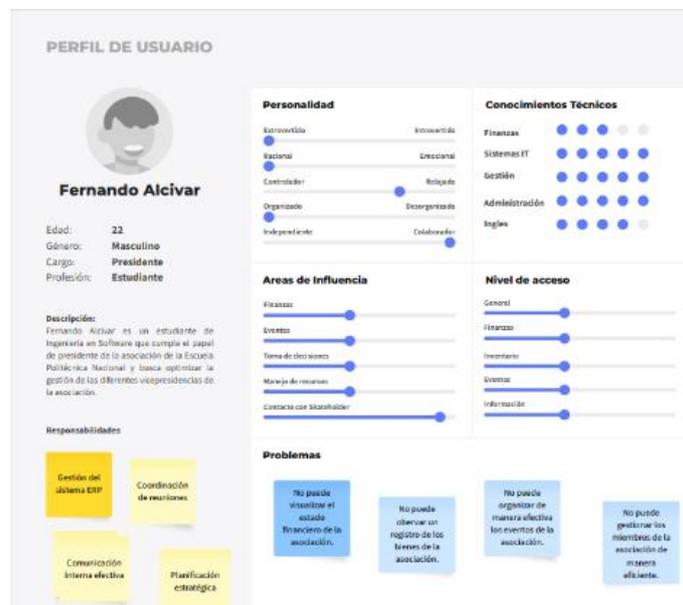


Figura 6. Perfil de usuario presidente.

Vicepresidente

Mateo es el responsable de la gestión financiera de la federación. Su rol incluye la supervisión de todas las actividades financieras, la creación y gestión de presupuestos, y la elaboración de reportes financieros. Además, coordina con otros departamentos para asegurar el uso adecuado de los fondos y busca oportunidades de financiamiento y patrocinio. Este perfil se puede ver en la figura 7.

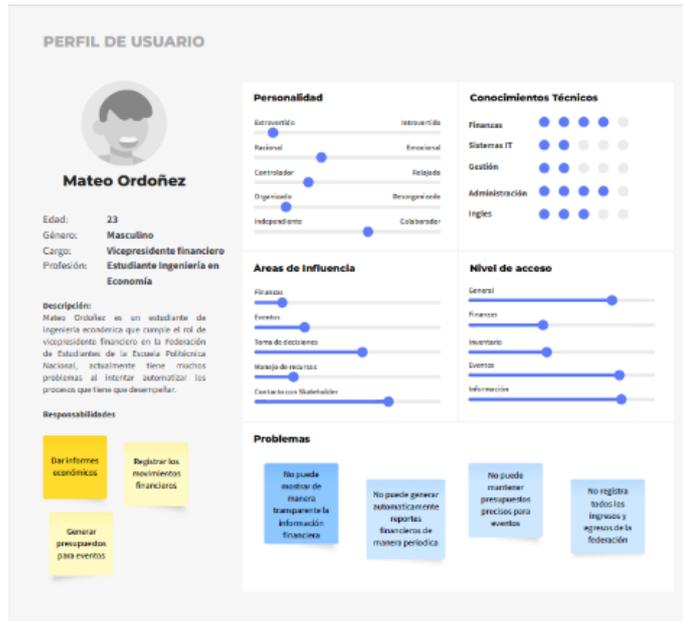


Figura 7. Perfil de usuario vicepresidente.

Director

Camila es una estudiante activa y organizada, encargada de la planificación y ejecución de eventos estudiantiles. Su trabajo implica coordinar con diversos equipos y proveedores, gestionar presupuestos para eventos, y promover las actividades de la federación. También evalúa el éxito de los eventos y busca constantemente mejorar la calidad y el impacto de las actividades organizadas. Este perfil se puede ver en la figura 8.

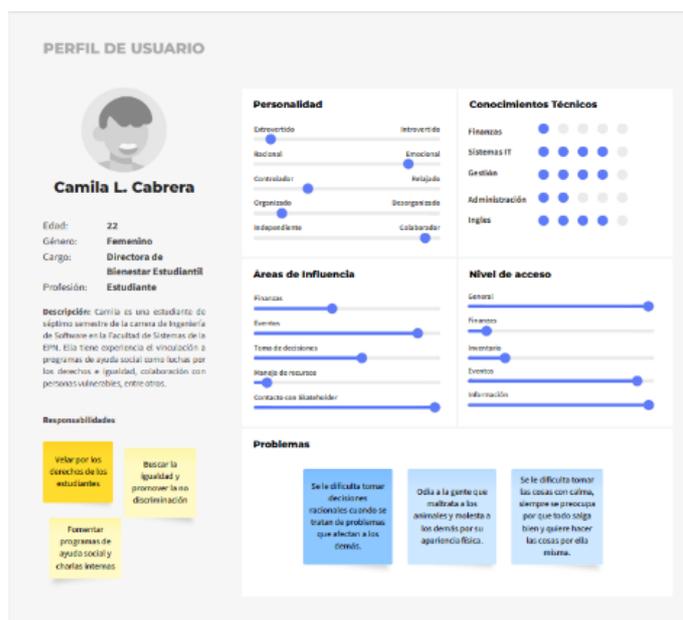


Figura 8. Perfil de usuario director.

Vocal

Daniel es el enlace entre los estudiantes y la federación. Su función principal es representar los intereses estudiantiles, comunicar información relevante, y recopilar feedback de los estudiantes. Trabaja en la organización y promoción de actividades estudiantiles, y colabora con otros miembros de la federación para asegurar que se consideren las perspectivas y necesidades de los estudiantes en todas las decisiones y actividades. Este perfil se puede ver en la figura 9.

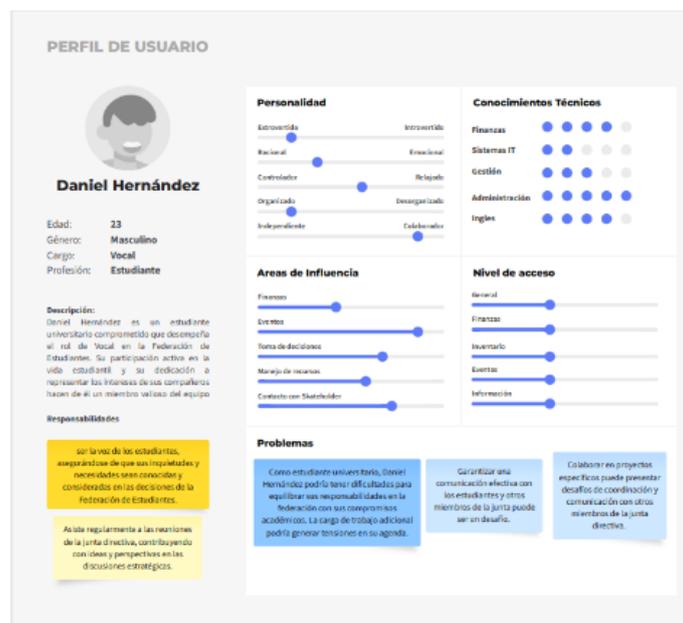


Figura 9. Perfil de usuario vocal.

Administrador

Juan es el encargado del buen funcionamiento y seguridad del sistema de la federación. Es responsable de la administración del ERP y la gestión de credenciales de acceso, asegurando que todos los datos sensibles estén protegidos y que el sistema funcione sin problemas. Además, proporciona soporte técnico a otros miembros de la federación y realiza el mantenimiento de los sistemas. Este perfil se puede ver en la figura 10.

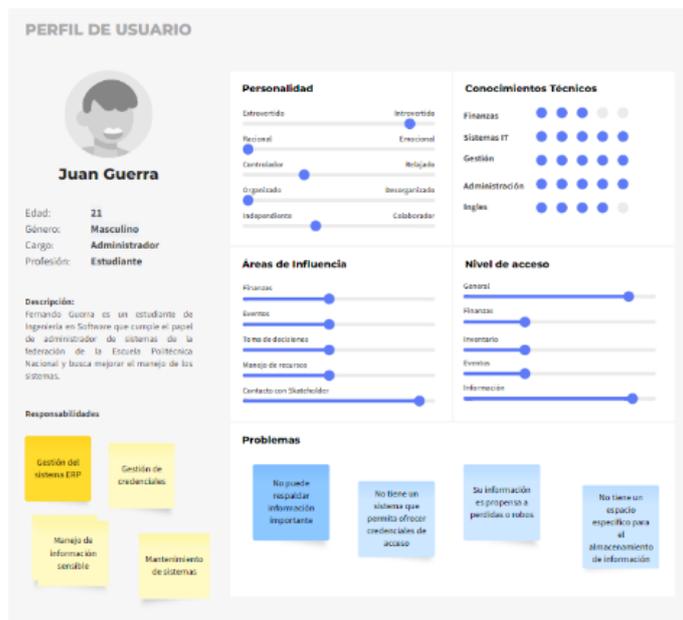


Figura 10. Perfil de usuario administrador.

2.7 Gestión de requisitos

Para la toma de requisitos se realizan en primer lugar las épicas que forman parte del desarrollo general del sistema y pueden ser revisadas en el anexo IV, las cuales están relacionadas a la gestión de los miembros administrativos de la asociación y a la información general de la misma, el listado de las épicas se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Épicas del desarrollo general del sistema.

No	Épica
1	GEN-Ingreso de un nuevo miembro administrativo
2	GEN-Actualización de un nuevo miembro administrativo
3	GEN-Despliegue del listado de miembros administrativos
4	GEN-Investigar un método de autorización.

Cada una de las épicas mencionadas, se describe con el formato de historia de usuario, junto con sus criterios de aceptación. En la Tabla 5, se muestra el ejemplo para la épica de GEN-Actualización de un nuevo miembro administrativo.

Tabla 5. Historia de usuario GEN-Actualización.

Descripción	Criterios de aceptación
Como miembro administrativo de la federación de estudiantes, quiero actualizar la información del	1. Incluir un listado en el que se pueda filtrar/buscar los miembros administrativos actuales para seleccionar a la persona

<p>presidente, vicepresidente o vocal, para llevar un control adecuado de los cambios en los miembros de la federación y controlar la gestión de los cargos de manera adecuada.</p>	<p>que desea realizar la actualización de datos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Desplegar una ficha con todos los campos y datos del miembro actual. 3. Incluir un botón para actualizar los campos. 4. Verificar que el cargo sea vocal para que no se necesite un reemplazo. 5. Si el cargo es el vicepresidente, director o presidente, validar que se ingresen todos los datos del nuevo miembro o que todos los campos estén llenos en caso de que se desee actualizar la información del miembro actual.
---	---

Posteriormente esta épica se divide en las subtareas que sean necesarias para completar la tarea general, estas se representan como tickets de Kanban utilizando la herramienta Clickup, como se observa en la Figura 11.

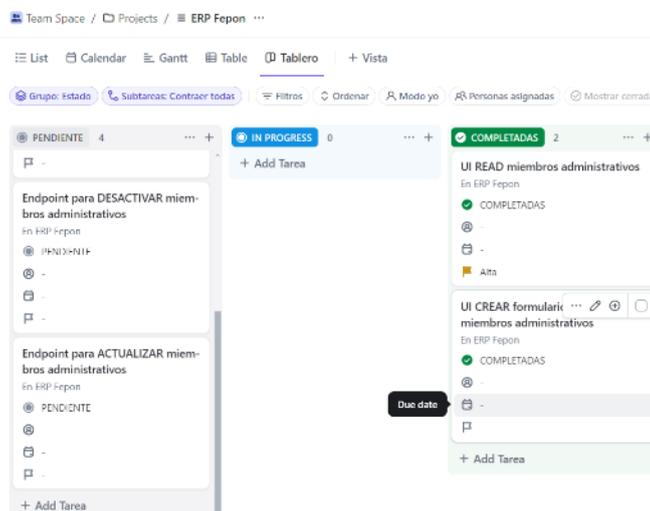


Figura 11. Parte del backlog de Kanban para miembros administrativos.

En cuanto a los requerimientos del componente de eventos, las épicas se centran en el manejo y registro de movimientos en los eventos organizados por la asociación, las mismas están definidas y se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Épicas del componente de eventos.

No	Épica
1	EV- Preparación del evento
2	EV- Actualización de datos del evento
3	EV- Eliminación de eventos
4	EV- Cierre financiero y documentación del evento

Siguiendo el mismo proceso utilizado para definir las épicas generales, cada una de las épicas, se describe con el formato de historia de usuario, junto con sus criterios de aceptación. En la Tabla 7 se muestra el ejemplo para la épica de EV- Preparación del evento.

Tabla 7. Historia de usuario EV-Preparación del evento.

Descripción	Criterios de aceptación
Yo, como usuario responsable de la preparación de eventos, necesito una interfaz dedicada para añadir nuevos eventos al sistema. Este formulario de creación de eventos contendrá información esencial, como título y descripción del evento, así como detalles relacionados con la asignación de responsables, solicitud de presupuesto y solicitud de permiso de uso de espacios universitarios. Además, la interfaz deberá permitir el registro de contrataciones realizadas, incluyendo el costo asociado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El formulario de creación de eventos debe incluir campos para el título y la descripción del evento. 2. Se deben agregar responsables al evento, especificando sus roles y responsabilidades. 3. Debe haber un campo para la fecha de inicio y otro para la fecha de fin del evento. 4. Se debe registrar un campo para solicitar un presupuesto, con la capacidad de indicar si es necesario. 5. Se debe registrar el estado de la solicitud del presupuesto (aprobada, rechazada, en revisión). 6. Debe haber un campo para solicitar permiso de uso de espacios universitarios,

	<p>con la capacidad de indicar si es necesario.</p> <p>7. Se debe registrar el estado de la solicitud de permiso (aprobada, rechazada, en revisión).</p> <p>8. Se deben registrar las contrataciones realizadas para el evento, incluyendo el costo asociado a cada una.</p> <p>9. La información ingresada en el formulario debe validarse para asegurar la integridad de los datos.</p> <p>10. La interfaz debe permitir la revisión y edición de eventos creados anteriormente.</p>
--	--

De igual forma, esta épica se divide en las subtareas que sean necesarias para completar la tarea general, estas añaden a los tickets de desarrollo general en el backlog de tickets Kanban definidos en Clickup, como se observa en la Figura 12.

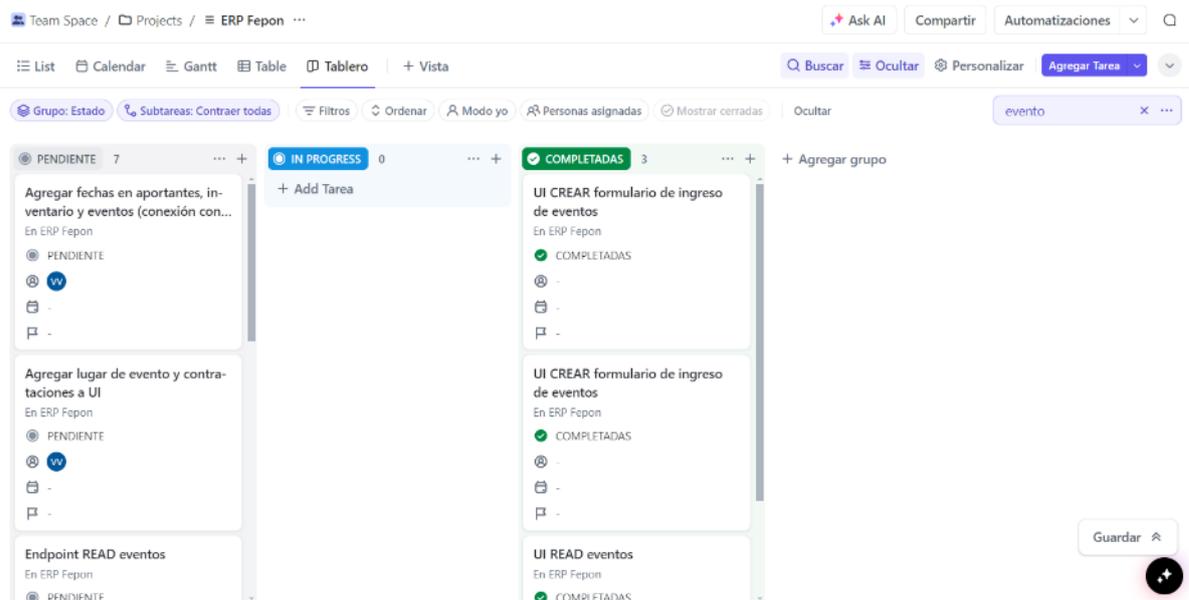


Figura 12. Parte del backlog de Kanban para el módulo de eventos.

2.8 Diseño de la arquitectura

En el diseño de la arquitectura de un sistema ERP en la nube, la adopción de una arquitectura en tres capas es fundamental para asegurar la modularidad, escalabilidad y mantenimiento del sistema.

La arquitectura en tres capas se divide en capa de presentación (front-end), capa de lógica de negocio (back-end) y capa de datos (database) como se puede apreciar en la figura 13. Cada una de estas capas tiene responsabilidades claramente definidas y se comunican entre sí a través de una API Gateway. Este enfoque permite una estructura más "headless", donde el front-end no contiene lógica de negocio y se relaciona con el back-end a través de APIs específicas según sea necesario. Esta arquitectura también puede ser revisada en el anexo V.

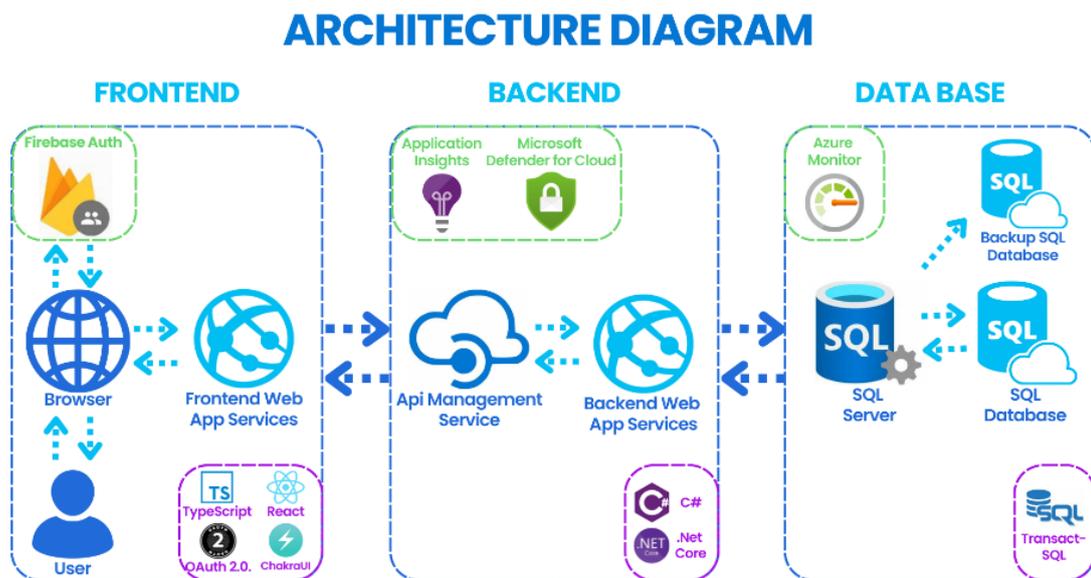


Figura 13. Diagrama de arquitectura del sistema.

Descripción de la Arquitectura

1. Front-end:

- **Navegador:** Actúa como el medio de acceso al sistema ERP desde el lado del cliente, enviando solicitudes HTTPS a los servicios de front-end.
- **Servicios de Aplicaciones Web Front-end:** Gestionan la interfaz de usuario basado en roles, manejan las interacciones y se comunican con el back-end a través de la API Gateway. No contienen lógica de negocio.

- **Firestore:** Servicio que gestiona la identidad y el acceso de los usuarios mediante autenticación y autorización, asegurando que solo los usuarios autorizados puedan acceder al sistema y maneja los roles de los usuarios según la lógica del negocio.
 - **Registro de Aplicaciones:** Administra las aplicaciones registradas, permitiendo la configuración de políticas de acceso y permisos para diferentes aplicaciones, es utilizada para configurar la relación de los usuarios y sus permisos en la aplicación.
2. **Back-end:**
- **API Gateway (Servicio de Gestión de API):** Actúa como un punto de entrada unificado para las solicitudes de los clientes, dirigiéndolas a los servicios de back-end apropiados. Proporciona funcionalidades como autenticación, autorización, gestión de tráfico, monitoreo y análisis.
 - **Azure API Management:** Plataforma de gestión de API que permite publicar, asegurar, transformar, mantener y monitorizar APIs de manera eficiente.
 - **Servicios de Aplicaciones Web Back-end:** Contienen la lógica de negocio y se encargan del procesamiento de las solicitudes, ejecutando las operaciones requeridas y gestionando la comunicación con la base de datos.
 - **Application Insights:** Herramienta de monitoreo y análisis que proporciona visibilidad sobre el rendimiento de las aplicaciones, permitiendo detectar y diagnosticar problemas rápidamente.
 - **Microsoft Defender for Cloud:** Ofrece seguridad y protección a las aplicaciones en la nube mediante la detección de amenazas y la implementación de mejores prácticas de seguridad.
3. **Base de Datos:**
- **Servidor SQL (SQL Server):** Sistema de gestión de bases de datos relacional. Proporciona una plataforma de datos confiable y escalable. Suministra el servicio para gestionar las bases de datos utilizadas en el sistema.
 - **Base de Datos SQL:** Almacena y gestiona los datos del ERP, incluyendo información de clientes, inventarios, órdenes, entre otros.
 - **Backup SQL Database:** Servicios y estrategias de copia de seguridad para asegurar la disponibilidad y recuperación de datos en caso de fallos o pérdidas.
 - **Azure Monitor:** Servicio de monitoreo de infraestructura que proporciona indicadores sobre el rendimiento y la integridad del sistema, permitiendo la detección proactiva de problemas y la optimización de recursos.

La arquitectura en tres capas descrita proporciona una estructura robusta y flexible para el sistema ERP en la nube. La separación de responsabilidades entre front-end, back-end y

base de datos, junto con el uso de un API Gateway, permite una mayor modularidad, escalabilidad y seguridad.

Además, la integración de herramientas de monitoreo y seguridad asegura un alto rendimiento y protección de los datos y aplicaciones. Esta arquitectura facilita la implementación de nuevas funcionalidades y la adaptación a las necesidades cambiantes del negocio.

2.9 Diseño de base de datos

Una vez obtenidos los requerimientos y la arquitectura del sistema, se diseña la arquitectura de la base de datos a utilizar en el Sistema Cloud ERP. El diagrama completo de la base de datos se puede encontrar en el enlace del Anexo VI.

La base de datos consta de un total de 31 tablas que interrelacionan los diferentes componentes del sistema ERP. La información general de la federación de estudiantes se guarda en la Tabla Association, la cual cuenta con una tabla auxiliar para representar el estado de la asociación en cuanto a si esta se encuentra en curso o inactiva.

En el módulo de Eventos, se cuenta con una Tabla principal llamada Event, esta tabla contiene información esencial sobre cada evento, como su título, descripción, fechas de inicio y fin, ubicación, y estado presupuestario, además cada evento también tiene asociado un estado (STATE_ID), que se refiere a la tabla state, donde se define el nombre de cada estado posible para un evento, ya sea aprobado, cancelado, en revisión, en progreso o finalizado. Por otro lado, la tabla Event está relacionada con la tabla Financial_Request, que gestiona las solicitudes financieras asociadas a los eventos. Cada solicitud financiera está vinculada a un estado de solicitud (REQUEST_STATUS_ID) definido en la tabla Financial_Request_State. Esto permite realizar un seguimiento detallado del estado de cada solicitud de presupuesto, así como los valores y razones de las solicitudes esto se puede apreciar en la Figura 14.

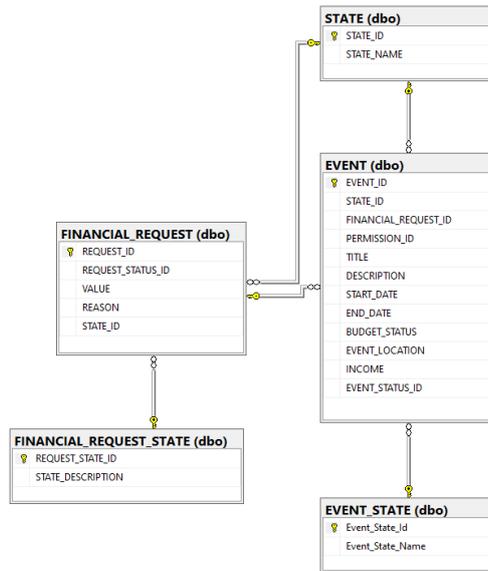


Figura 14. Diagrama base de datos.

2.10 Prototipado

Para desarrollar los prototipos, se utilizó la herramienta Figma, en la cual se realizaron diseños de las interfaces principales. Entre ellas se encuentran el formulario de inicio de sesión y los formularios de ingreso. Además, se utilizaron colores sobrios que se relacionan principalmente con los colores de la marca de la federación que se utilizó como caso de estudio, la Federación de Estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, como lo son el gris y azul. Para el diseño de componentes de las páginas principales de los componentes de información organizacional, eventos, financiero e inventario, se tomaron en cuenta las heurísticas que serán utilizadas durante las pruebas de usabilidad, las cuales se detallaron en la sección previa respectiva. Es por ello por lo que se buscaron diseños atractivos para el usuario, pero que a su vez sean sencillos y, que cuenten elementos y un lenguaje que faciliten el manejo del sistema, estos diseños de los prototipos también pueden ser revisando en el anexo VII.

Interfaz Login

Esta interfaz está destinada al inicio de sección del usuario al sistema. Dentro de los elementos importantes que se pueden observar en esta ventana se encuentra las cajas de texto para el ingreso del correo electrónico y la contraseña, así como un enlace para realizar el proceso de recuperación de contraseña como se observa en la figura 15.

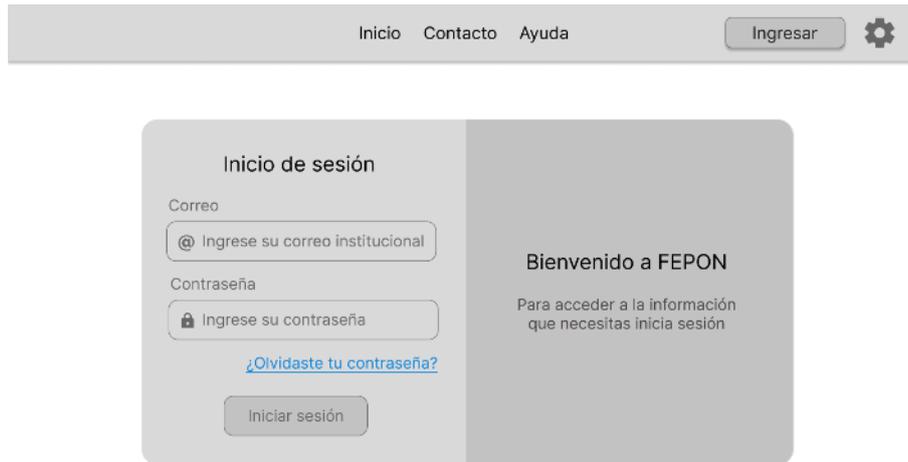


Figura 15. Prototipo interfaz login.

Interfaz Eventos

Esta interfaz está destinada a la visualización de los eventos registrados en el sistema. Dentro de los elementos importantes que se pueden observar en esta ventana se encuentran las cajas de resumen de cada evento, presentando información importante como nombre del evento, fecha de duración y una pequeña descripción como se observa en la figura 16.

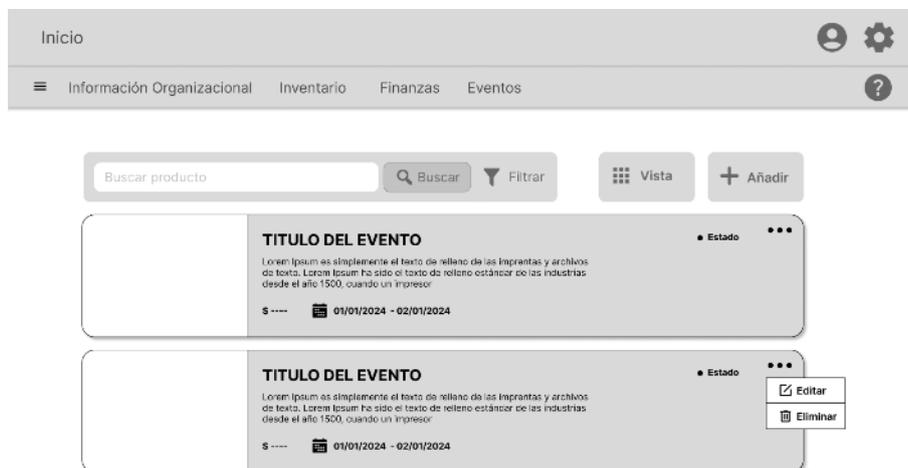


Figura 16. Prototipo interfaz eventos.

2.11 Desarrollo e implementación

En esta sección se detalla el desarrollo de las interfaces de usuario de la aplicación, así como la configuración y el desarrollo de la lógica del servidor. Se explora cómo se diseñaron y desarrollaron las funcionalidades clave, la integración de servicios y la validación de datos, proporcionando una visión comprensiva de las estrategias y herramientas utilizadas para llevar a cabo este proyecto.

Front-end

El componente principal que permite renderizar el front-end de la aplicación está contenido en un componente que controla el acceso a los diferentes módulos. Este componente verifica tanto si un usuario está autenticado como si está autorizado para acceder a las diferentes funcionalidades de un módulo específico dependiendo del rol que se le haya asignado. Además, se compone de una barra de navegación que permite el acceso a los distintos módulos. Para información más detallada del desarrollo de front-end del módulo de eventos revisar la información del anexo VIII.

Back-end

En esta sección se representan las entidades de dominio del sistema, las cuales reflejan las estructuras de datos principales que se manejan en la aplicación y a su vez tienen relación con una entidad de la base de datos.

En este caso se cuenta con cuatro entidades de dominio, que se listan a continuación:

- Event.
- EventState.
- FinancialRequest.
- FinancialRequestState.

Cada una de estas entidades cuenta con atributos y objetos que representan la relación que existe entre ellas y facilitan la navegación. Para más información acerca del desarrollo de esta sección visitar el anexo VIII.

Pruebas unitarias

Las pruebas unitarias se realizaron para cada API definida en el controlador. Estas pruebas utilizan Moq, una herramienta para crear mocks de las dependencias utilizadas en los controladores, y el framework xUnit para estructurar las pruebas. En la Figura 17 se muestra un ejemplo de prueba para el método POST de la API de Event. En este ejemplo, se sigue el patrón Arrange-Act-Assert:

- **Arrange:** se llama a un método que limpia y configura el estado inicial de la base de datos de pruebas.
- **Act:** se ejecuta el método del controlador.
- **Assert:** se verifica que los resultados del método probado se comportan como se espera.

```

[Fact]
public async Task PostEvent_ReturnsCreatedEvent()
{
    // Arrange
    InitializeDatabase();

    var state = new EventState { Event_State_Id = 1, Event_State_Name = "Activo" };
    var budgetStatus = new FinancialRequestState { Request_State_Id = 1, State_Description = "Approved" };
    var state_state = new State { State_Id = 1, State_Name = "Inactivo" };

    _context.EventStates.Add(state);
    _context.FinancialRequestStates.Add(budgetStatus);
    _context.States.Add(state_state);
    _context.SaveChanges();

    var eventDTO = new CreateUpdateEventDTO
    {
        title = "New Event",
        status = "Active",
        description = "Event Description",
        startDate = DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy", CultureInfo.InvariantCulture),
        endDate = DateTime.Now.AddDays(1).ToString("dd/MM/yyyy", CultureInfo.InvariantCulture),
        budget = 3000,
        budgetStatus = "Approved",
        location = "Event Location",
        income = 3000
    };

    // Act
    var result = await _controller.PostEvent(eventDTO);

    // Assert
    var actionResult = Assert.IsType<ActionResult<EventDTO>>(result);
    var createdAtActionResult = Assert.IsType<CreatedAtActionResult>(actionResult.Result);
    var returnedEvent = Assert.IsType<EventDTO>(createdAtActionResult.Value);

    Assert.Equal(eventDTO.title, returnedEvent.title);
    Assert.Equal(eventDTO.description, returnedEvent.description);
    Assert.Equal(eventDTO.budget, returnedEvent.budget);
    Assert.Equal(eventDTO.location, returnedEvent.location);
    Assert.Equal(eventDTO.status, returnedEvent.status);
}

```

Figura 17. Prueba unitaria para el método post.

Las demás pruebas unitarias se realizan de manera similar y se encuentran en el link del repositorio del anexo IX.

Pruebas de integración.

Para las pruebas de integración se utiliza React Testing Library y Jest. En el ejemplo mostrado en la Figura 18, se verifica que la página EventPage se renderiza correctamente. Además, simula un clic en el botón de adición, asegurándose de que se muestra un modal para agregar un nuevo evento. Las demás pruebas de integración se realizan de manera similar y se encuentran en el enlace del repositorio del anexo IX.

```

test('renders EventsPage and shows add modal', async () => {
    const user = { role: 'Presidente', email: 'user@example.com', uid: 'mock-uid' };
    const token = 'mock-token';
    const loadingContext = false;

    render(
        <AuthContext.Provider value={{ user, token, loadingContext }}>
            <EventsPage />
        </AuthContext.Provider>
    );

    // Verify initial render
    expect(screen.getByText(/Eventos/)).toBeInTheDocument();
    expect(screen.getByText(/Ahora que añadiste los eventos necesarios/)).toBeInTheDocument();
    expect(screen.getByText(/Event A/)).toBeInTheDocument();

    const addButton = screen.getByLabelText(/Agregar evento/);
    fireEvent.click(addButton);

    await waitFor(() => {
        expect(screen.getByText(/Agregar Evento/)).toBeInTheDocument();
    });
});

```

Figura 18. Prueba de renderización del formulario para añadir un evento al interactuar con un botón.

2.12 Evaluación de usabilidad

1. ThinkAloud

El método Think-Aloud es una técnica utilizada para estudios de usabilidad donde se solicita a los usuarios que verbalicen sus pensamientos, sentimientos y acciones mientras interactúan con un sistema o interfaz. Este método permite obtener una comprensión profunda de los procesos cognitivos y emocionales de los usuarios, revelando problemas de usabilidad, confusiones y puntos de fricción en tiempo real. Al escuchar a los usuarios expresar sus razonamientos y decisiones, los diseñadores y desarrolladores pueden identificar áreas de mejora y hacer ajustes informados para optimizar la experiencia del usuario.

Módulo Eventos

Tareas por realizar para el módulo de eventos.

1. Iniciar sesión dentro de la página con credenciales de vicepresidente de cultura.
2. Ingresar al módulo de eventos.
3. Visualizar la Tabla de contenidos del evento.
4. Localizar todos los campos.
5. Añadir un nuevo evento.
6. Revisar el nuevo evento creado.
7. Editar el evento creado.
8. Ingresar el monto de ingresos del evento una vez finalizado
9. Ingresar al módulo de solicitud de presupuesto.
10. Editar el presupuesto asignado.
11. Revisar los cambios del presupuesto.

Las entrevistas se llevaron a cabo de manera virtual con las personas que conforman la directiva de la federación de estudiantes. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 19, donde se observa una parte de la entrevista con la presidenta de la federación.

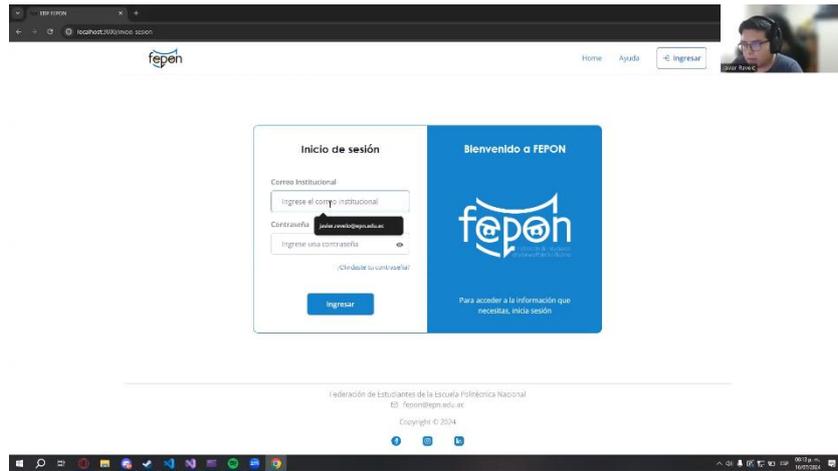


Figura 19. Entrevistas think aloud con la presidenta de la federación.

2. Encuesta SUS

Una vez el usuario ha realizado las tareas antes definidas utilizando el think aloud, se realiza la encuesta SUS que se encuentra en el anexo X, la cual es un cuestionario diseñado para medir la usabilidad percibida de un sistema, esta consiste en diez afirmaciones relacionadas con la experiencia del usuario, las mismas que se pueden observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Enunciados de encuesta SUS.

Enunciado
Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
Encontré el sistema innecesariamente complejo.
Creo que el sistema es fácil de usar.
Creo que necesitaría la ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder usar este sistema.
Encontré que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas.
Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
Encontré el sistema muy engorroso de usar.
Me sentí muy seguro/a usando el sistema.
Necesité aprender muchas cosas antes de poder desenvolverme con el sistema.

Para la evaluación el usuario puntúa las afirmaciones mostradas en la Tabla 1, en una escala del 1 al 5 donde 1 significa "Totalmente en desacuerdo" y 5 "Totalmente de acuerdo". Posteriormente para obtener el SUS Score se sigue el siguiente proceso:

- Sumar las respuestas de los enunciados impares y después restar 5
- Sumar las respuestas de los enunciados pares y restar ese total a 25
- Sumar ambos resultados y multiplicarlo por 2,5.

Al realizar el proceso mencionado se obtiene un valor de SUS Score entre 0 y 100, este valor categoriza al nivel de usabilidad del sistema de acuerdo con la Tabla 9. [3]

Tabla 9. Rating de puntaje SUS.

SUS Score	Rating
> 80.3	Excelente
68 – 80.2	Bueno
67	Aceptable
51 – 66	Pobre
< 51	Terrible

Para aplicar la encuesta SUS, se creó un formulario utilizando la herramienta Microsoft Forms como se observa en la Figura 20, de modo que facilite la recopilación y análisis de respuestas.

Encuesta SUS

La finalidad principal de la encuesta SUS es evaluar cómo perciben los usuarios finales la facilidad de uso de un sistema. A través de una serie de preguntas, los usuarios pueden expresar su experiencia y grado de satisfacción, lo que nos ayuda a identificar áreas de mejora y a tomar decisiones informadas para optimizar el sistema.

Tu participación es crucial porque nos proporciona información valiosa directamente de los usuarios finales. Con tus respuestas, podemos identificar problemas, mejorar la experiencia del usuario y asegurarnos de que el sistema cumple con tus expectativas y necesidades.

Hi, CRISTIAN ANDRES. When you submit this form, the owner will see your name and email address.

* Required

1. Módulo que evalúe *

Financiero

Inventario y Activos

Información Organizacional

Gestión de eventos

Administrador

Figura 20. Formulario para encuestas SUS.

3. Net Promote Score (NPS)

Adicionalmente, se utilizó el NPS para evaluar el nivel de lealtad y de satisfacción de los usuarios con el sistema a través de la pregunta: "En una escala del 0 al 10, ¿cuán probable es que recomiende este producto a un amigo o colega?"

En base a la respuesta del usuario, este se clasifica según se observa en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación encuesta NPS

Clasificación	Descripción	Puntuación
Promotor	Usuarios satisfechos y leales que probablemente recomendarán tu producto o servicio.	9-10
Pasivo	Usuarios satisfechos pero que no recomendarían el producto.	7-8
DetraCTOR	Cientes insatisfechos que podrían afectar el producto a través de comentarios negativos.	0-6

Posteriormente se calcula el NPS utilizando la siguiente fórmula:

$$nps = \%promotores - \%detraCTores$$

Posteriormente se realiza una comparación del NPS relativa a otros productos del sector de software, en la cual el promedio varía entre 27 y 70 [4] por lo cual se fija la escala que se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de resultados NPS.

Clasificación	Descripción	Puntuación
Grave	El sistema tiene más detractores que promotores. Necesita mejoras urgentes para aumentar la satisfacción del usuario.	< 0
Insatisfactorio	Predominan los detractores sobre los promotores. Es necesario abordar problemas importantes para mejorar la experiencia del usuario.	0 – 27
Moderadamente positivo	Los usuarios están generalmente satisfechos, aunque hay oportunidades de mejora.	28 – 54
Excelente	La mayoría de los usuarios son promotores y están muy satisfechos con el sistema. Existen muy pocas áreas de mejora.	55 - 100

De manera similar a la encuesta SUS, que se encuentra para su revisión en el anexo X, se creó un formulario utilizando la herramienta Microsoft Forms para evaluar el NPS como se observa en la Figura 21, de modo que facilite la recopilación y análisis de respuestas.

Net Promote Score (NPS)

La finalidad principal de la encuesta Net Promoter Score (NPS) es medir la lealtad y satisfacción de los usuarios con respecto al sistema. A través de una simple pregunta, los usuarios pueden expresar su disposición a recomendar el sistema a otros, lo que nos ayuda a identificar áreas de mejora y a tomar decisiones informadas para optimizar la experiencia del usuario.

Tu participación es crucial porque nos proporciona una visión clara y directa sobre la lealtad y satisfacción de los usuarios. Con tus respuestas, podemos identificar:

- **Fortalezas del Sistema:** Qué aspectos del sistema son altamente valorados por los usuarios y deben mantenerse.
- **Áreas de Mejora:** Qué aspectos necesitan ser mejorados para aumentar la satisfacción y lealtad de los usuarios.
- **Impacto General:** Cómo el sistema está siendo percibido en general y qué tan probable es que los usuarios lo recomienden a otros.

Hi, CRISTIAN ANDRES. When you submit this form, the owner will see your name and email address.

* Required

1. Modulo que evalué *

Financiero

Inventario y Activos

Figura 21. Formulario para encuestas NPS.

4. Cumplimiento de heurísticas de acuerdo con la percepción de los usuarios.

Finalmente, se realizó un cuestionario para evaluar el nivel de cumplimiento de las heurísticas definidas en la sección 2.2, tomando en cuenta una escala del 1 al 5, donde 1 es “Muy en desacuerdo” y 5 es “Muy de acuerdo”, las preguntas del cuestionario se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12. Heurísticas para encuesta de cumplimiento.

HEURÍSTICA	PREGUNTA
Visibilidad del estado del sistema	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema siempre me mantiene informado sobre lo que está pasando mediante mensajes o claros y a tiempo. - El sistema me permite tener retroalimentación sobre donde estoy ubicado al navegar por los botones, links y demás elementos de la interfaz.

Coincidencia entre el sistema y el mundo real	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema usa un lenguaje fácil de entender, con palabras y frases que me resultan familiares.
Control y libertad del usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando cometo un error, existe una manera de cancelar o deshacer la acción realizada de manera sencilla.
Consistencia y estándares	<ul style="list-style-type: none"> - Los íconos y la ubicación de los diferentes elementos de la interfaz me resultan familiares.
Prevención de errores	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema me muestra mensajes de confirmación antes de realizar acciones importantes.
Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	<ul style="list-style-type: none"> - Al cometer un error, los mensajes de error se expresan en lenguaje sencillo y me indican claramente el problema.
Ayuda y documentación	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema proporciona una página de ayuda que me permite entender cómo completar la tarea que deseo realizar.
Idoneidad para la tarea	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema me permite a hacer mis tareas de manera rápida y fácil.
Metas claras	<ul style="list-style-type: none"> - El propósito del sistema es claro y entiendo para qué sirve. - El sistema cumple con lo que necesito y supera mis expectativas.
Conozca las motivaciones de su usuario	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema es flexible y se adapta a las actividades y el rol que cumplo.
Innovación conservadora	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema equilibra bien entre ser innovador y seguir las normas y estándares que ya conozco sobre un ERP. - El sistema ofrece nuevas características sin dejar de ser fácil de usar.
Orientación	<ul style="list-style-type: none"> - Puedo identificar los elementos que forman parte de un mismo grupo de manera lógica y fácil. - La información en interfaz es fácil de leer y entender (brillo de los caracteres, contraste entre texto y fondo, tamaño de la fuente, etc.).

	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema me guía claramente sobre qué hacer a continuación con mensajes y avisos.
Carga de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema presenta la información que necesito de manera breve y clara. - El sistema organiza la información de forma que no me siento abrumado por demasiados datos a la vez.

Una vez que los usuarios completaron el cuestionario, se recopiló las respuestas de cada heurística y se realizó un promedio para evaluar su nivel de cumplimiento en base a la Tabla 13.

Tabla 13. Rango de cumplimiento de heurísticas.

Promedio	Rango de cumplimiento	Descripción
1.0 – 1.9	Muy bajo	El sistema falla significativamente en cumplir con la heurística
2.0 – 2.9	Bajo	El sistema tiene deficiencias importantes en esta heurística.
3.0 – 3.9	Moderado	El sistema cumple con la heurística, pero hay áreas de mejora.
4.0 – 4.9	Alto	El sistema cumple bien con la heurística, existe poco margen de mejora.
5.0	Muy alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.

Para evaluar el cumplimiento de heurísticas siguiendo el mismo método realizado para las encuestas anteriores, se creó un formulario utilizando la herramienta Microsoft Forms, que se puede revisar en el anexo X, como se observa en la Figura 22, de modo que facilite la recopilación y análisis de respuestas.

Cumplimiento de Heurísticas

Esta encuesta está diseñada para recoger la opinión de los usuarios sobre varios aspectos clave de las heurísticas de usabilidad. Las heurísticas de usabilidad son principios generales que guían el diseño de interfaces y ayudan a asegurar que el sistema sea fácil de usar y eficiente.

Tu participación es crucial porque nos proporciona información valiosa directamente de los usuarios finales. Con tus respuestas, podemos identificar problemas de usabilidad, mejorar la experiencia del usuario y asegurarnos de que el sistema se alinea con los principios de usabilidad establecidos. Esto, a su vez, nos permite desarrollar un sistema que sea intuitivo, eficiente y agradable de usar.

Hi, CRISTIAN ANDRES. When you submit this form, the owner will see your name and email address.

* Required

1. Modulo que evalué *

Financiero

Inventario y Activos

Información Organizacional

Gestión de eventos

Administrador

Figura 22. Formulario para encuestas de cumplimiento de heurísticas.

5. Evaluación de usabilidad con SortSite

La herramienta SortSite fue utilizada para llevar a cabo el análisis automático de usabilidad del módulo de eventos del sistema ERP. Se configuraron métricas específicas basadas en guías de usabilidad reconocidas por SortSite. Este análisis incluyó las Readability Guidelines para garantizar la comprensión del contenido, las Usability.gov: Research-Based Web Design & Usability Guidelines para ofrecer una experiencia de usuario óptima, y las W3C Usability Best Practices para asegurar el cumplimiento de los estándares internacionales de usabilidad, las configuraciones realizadas se pueden ver en la figura 23.

This tab shows a summary of the guidelines used to generate this report.

Guideline	Status
Usability	
Readability Guidelines	<input checked="" type="checkbox"/> Checked
Usability.gov: Research-Based Web Design & Usability Guidelines	<input checked="" type="checkbox"/> Checked
W3C Usability Best Practices	<input checked="" type="checkbox"/> Checked

Figura 23. Métricas utilizadas para el análisis de usabilidad.

2.13 Evaluación de seguridad

Esta sección abarca un análisis exhaustivo de los riesgos y vulnerabilidades asociados con el Sistema Cloud ERP, desde la identificación y evaluación de activos y amenazas, hasta la implementación de controles y medidas de mitigación. Además, se detalla el diseño de una arquitectura segura que incluye prácticas de autenticación, autorización y encriptación para asegurar cada capa del sistema. El objetivo es proporcionar un enfoque integral para proteger todos los componentes del sistema, garantizando la continuidad del negocio y la seguridad de la información crítica.

Ciclo de Vida de Desarrollo de Software Seguro (SSDLC)

1. Planificación

Evaluación de Riesgos

Como primer paso dentro del ciclo de vida de desarrollo de software seguro, se realizó una evaluación de riesgos para identificar las amenazas potenciales y sus impactos.

1. Identificación de activos

Como primer paso de la evaluación de riesgo, se identificaron los activos que forman parte e interactúan con el Sistema Cloud ERP. En este paso se logra definir con claridad los componentes críticos del sistema en los que se necesita implementar diferentes medidas de protección en base a sus posibles amenazas o vulnerabilidades, para ésto se utiliza como base el diagrama de arquitectura.

Front-end

Navegador (Browser): Punto de acceso de los usuarios finales al sistema ERP.

Servicios de Aplicaciones Web Front-end (Front-end Web App Services): Aloja la interfaz de usuario, responsable de la experiencia del usuario.

Firebase: Gestión de identidades, asegura la autenticación de usuarios.

Back-end

API Management Service: Gestiona y asegura las APIs que conectan Front-end y back-end.

Servicios de Aplicaciones Web Back-end (Back-end Web App Services): Contiene la lógica de negocio, crucial para el procesamiento de datos y operaciones.

Base de Datos

Servidor SQL (SQL Server): Aloja la base de datos principal, almacenamiento de datos críticos.

Base de Datos SQL (SQL Database): Contiene datos operativos, esencial para las operaciones diarias.

Backup SQL Database: Almacenamiento de copias de seguridad, asegura la recuperación de datos en caso de fallo.

2. Identificación de vulnerabilidades

Como segundo paso de la evaluación, se define las vulnerabilidades que pueden ser explotadas, estas también están relacionadas a cada uno de los activos del sistema.

Navegador (Browser)

- **Vulnerabilidades**

- Falta de educación o conciencia sobre phishing entre los usuarios.
- Falta de controles de seguridad adecuados para detectar y bloquear ataques de phishing.
- No tener filtros o mecanismos para prevenir la ejecución de scripts maliciosos (XSS).

Servicios de Aplicaciones Web Front-end

- **Vulnerabilidades**

- Falta de validación adecuada de entradas que podría permitir inyección de código.
- Ausencia de medidas de seguridad contra ataques de fuerza bruta.

Firebase

- **Vulnerabilidades**

- Débiles políticas de gestión de contraseñas, como contraseñas débiles o reutilización de contraseñas.

- Falta de autenticación multifactor (MFA) que podría reducir el riesgo de suplantación de identidad.

API Management Service

- **Vulnerabilidades**

- Falta de mitigación adecuada contra ataques DDoS, como redes de entrega de contenido (CDN) o servicios de mitigación de DDoS.
- No tener controles de seguridad suficientes para prevenir la inyección SQL a través de APIs.

Servicios de Aplicaciones Web Back-end

- **Vulnerabilidades**

- Implementación incorrecta de mecanismos de autenticación, como sesiones no expiradas o tokens de sesión débiles.
- Errores de configuración que podrían permitir accesos no autorizados a recursos sensibles.

Servidor SQL (SQL Server)

- **Vulnerabilidades**

- Falta de validación de entradas que podría permitir inyección SQL.
- Políticas de seguridad inadecuadas, como permisos excesivos o cuentas de usuario mal configuradas.

Base de Datos SQL (SQL Database)

- **Vulnerabilidades**

- Vulnerabilidades conocidas en el sistema de gestión de base de datos que podrían permitir corrupción de datos.
- No tener cifrado adecuado para proteger los datos sensibles almacenados en la base de datos.

Backup SQL Database

- **Vulnerabilidades**

- Falta de cifrado en las copias de seguridad, lo que podría permitir el acceso no autorizado a datos críticos.
- Gestión deficiente de las políticas de retención y acceso a las copias de seguridad.

Matriz de riesgo

Como último paso de la evaluación de riesgo se obtuvo la matriz de riesgo. Herramienta utilizada para evaluar y priorizar los riesgos potenciales que enfrenta los componentes del sistema cloud ERP.

Se basa en la evaluación de dos factores clave:

- **Probabilidad:** La probabilidad de que ocurra una amenaza específica. Se evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 representa una baja probabilidad y 5 una alta probabilidad.
- **Impacto:** El impacto que tendría en el sistema si la amenaza se materializara. También se evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 representa un impacto bajo y 5 un impacto alto.

Para realizar la interpretación de la matriz de riesgo, se han definido tres intervalos basados en el resultado de la multiplicación de la probabilidad de la amenaza y el impacto que tendría en el sistema:

- Riesgo Alto o color rojo: valores de riesgo entre 16 y 25.
- Riesgo Medio o color naranja: valores de riesgo entre 9 y 15.
- Riesgo Bajo o color amarillo: valores de riesgo entre 1 y 8.

La matriz de riesgo del sistema presenta 2 componentes del sistema con un riesgo bajo, 9 componentes con un riesgo medio y 7 componentes con un riesgo medio como se puede apreciar en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de riesgo.

Amenaza Potencial	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Riesgo = Probabilidad × Impacto
Firebase - Robo de credenciales	4	5	20

Navegador (Browser) - Phishing	4	4	16
API Management Service - Ataques DDoS	3	5	15
Navegador (Browser) - XSS	3	4	12
Servicios Web Front-end - Inyección de código	3	4	12
App Registration - Fuga de claves de API	3	4	12
API Management Service - Inyección SQL a través de APIs	3	4	12
Servicios Web Back-end - Falla de autenticación	3	4	12
Servidor SQL - Inyección SQL	3	4	12
Servidor SQL - Acceso no autorizado	3	4	12
Firebase - Ataques de identidad	3	3	9
App Registration - Configuración incorrecta	2	4	8
Base de Datos SQL - Corrupción de datos	2	4	8
Base de Datos SQL - Fugas de datos	2	4	8
Backup SQL Database - Pérdida de datos	2	4	8
Backup SQL Database - Robo de copias de seguridad	2	4	8
Servicios Web Front-end - Ataques de fuerza bruta	2	3	6
Servicios Web Back-end - Errores de configuración	2	3	6

2. Diseño

Arquitectura segura

En el diseño de la arquitectura del sistema cloud ERP, la adopción de una arquitectura en tres capas no solo facilita la modularidad y escalabilidad, sino que también permite implementar medidas de seguridad específicas en cada una de las capas, asegurando una protección integral del sistema.

A continuación, se detalla todos los puntos de seguridad abarcados en la arquitectura del sistema.

Puntos de seguridad en la arquitectura

Front-end

- **Firestore: Autenticación y autorización.** Gestiona la identidad y acceso de los usuarios, asegurando que solo los usuarios autenticados y autorizados puedan acceder a las aplicaciones.
- **OAuth 2.0: Tokens de acceso.** Utiliza tokens de acceso con una vida útil limitada para minimizar el riesgo de uso indebido.
- **HTTPS: Encriptación de datos en tránsito.** Asegura que toda la comunicación entre el navegador del usuario y los servicios front-end esté encriptada, protegiendo los datos contra interceptaciones.

Back-end

- **API Gateway (Azure API Management): Autenticación y autorización centralizada.** Gestiona las políticas de seguridad para todas las API, asegurando un control de acceso coherente y centralizado.
- **Rate limiting y throttling:** Previene ataques de denegación de servicio (DoS) al limitar el número de solicitudes que un cliente puede hacer en un período de tiempo determinado.
- **Microsoft Defender for Cloud: Detección de amenazas.** Monitoriza continuamente el entorno en la nube para identificar y responder a posibles amenazas.

- **Application Insights: Monitoreo y diagnóstico.** Permite detectar anomalías en el rendimiento y posibles intentos de intrusión a través del análisis de patrones de tráfico y comportamiento de las aplicaciones.

Base de Datos

- **SQL Server y base de datos SQL: Encriptación a nivel de columna.** Permite encriptar datos sensibles a nivel de columna, proporcionando una capa adicional de seguridad.
- **Backup SQL Database: Cifrado de copias de seguridad.** Respaldo de la información en caso de anomalías con la base de datos principal.
- **Azure Monitor: Monitoreo de seguridad.** Proporciona visibilidad continua sobre la integridad y el rendimiento de la infraestructura de la base de datos, permitiendo la detección temprana de actividades sospechosas y vulnerabilidades.

Diseño de control de acceso

El control de acceso en el Sistema Cloud ERP se gestiona mediante Firebase, que proporciona una autenticación robusta y una administración centralizada de permisos. Utilizando el dominio de la organización, se autentica a los usuarios y se les asignan roles específicos que determinan su nivel de acceso y las acciones que pueden realizar dentro del sistema.

Uso de firebase

Autorización: A través de roles de aplicación, se define y controla el acceso a diferentes funcionalidades del ERP.

Roles implementados

Con base en los roles establecidos en la sección previa, se tienen los registros en Firebase que se detallan en la Figura 24.

	ROLE_ID	ROLE_NAME
1	1	Administrador
2	2	Presidente
3	3	Vicepresidente General
4	4	Director Financiero
5	5	Vicepresidente Financiero
6	6	Vicepresidente de Cultura
7	7	Secretario

Figura 224. Roles implementados.

Estos roles se usan en las políticas de acceso a cada una de las interfaces, negando o aprobando la autorización a roles de acuerdo con las reglas de negocio, como se ilustra en la Figura 25.

```
// Configure Authorization
builder.Services.AddAuthorization(options =>
{
    options.AddPolicy("OrganizationalOnly", policy => policy.RequireRole("Presidente", "Vicepresidente General"));
    options.AddPolicy("AdminOnly", policy => policy.RequireRole("Administrador"));
});
```

Figura 25. Políticas de acceso basado en roles.

Revisión de configuración de seguridad

Previo al despliegue del componente a los servicios en la nube se realizó la revisión de configuración de seguridad, con el enfoca de asegurar que el entorno de producción esté adecuadamente protegido contra amenazas y accesos no autorizados. A continuación, se detallan las principales medidas implementadas:

- **Configuración de seguridad en la nube:** Revisión y aplicación de políticas de seguridad recomendadas por el proveedor de los servicios en la nube, en este caso Azure.
- **Accesos y permisos:** Verificación que solo el personal autorizado tenga acceso al entorno de producción mediante roles y permisos específicos.
- **Herramientas de monitoreo:** Implementación herramientas como Azure Monitor para supervisar la actividad y el rendimiento del sistema.
- **Alertas de seguridad:** Configuración de alertas para eventos sospechosos o intentos de acceso no autorizados.

Codificación segura

Se aplicaron prácticas y guías de seguridad durante todo el desarrollo del software. Esto incluye la validación estricta de todas las entradas de usuario, la gestión adecuada de errores y la aplicación del principio de privilegios mínimos. Siguiendo las recomendaciones de OWASP y realizando revisiones de código periódicas, se minimizan los riesgos de seguridad en el código fuente.

- **Validación de entradas:** Implementar validaciones estrictas para todas las entradas de usuario para prevenir inyecciones SQL, XSS y otros tipos de ataques.
- **Principio de privilegios mínimos:** Escribir código que opere con los menores privilegios necesarios para realizar su función.

Cifrado de datos

Para proteger la confidencialidad e integridad de la información tanto en tránsito como en reposo. Se aseguró que todas las comunicaciones entre el cliente y el servidor estén cifradas mediante HTTPS y TLS. Para la información en reposo, se cifraron datos que son sensibles para la organización utilizando técnica de cifrado AES.

Mantenimiento

Para garantizar la seguridad del sistema a largo plazo y evitar complicaciones en las operaciones diarias, se debe monitorear continuamente varios aspectos configurados previamente utilizando servicios como Azure Monitor, Application Insights y Microsoft Defender for Cloud.

A continuación, se detallan los aspectos clave que se deben monitorear.

Azure Monitor

Métricas de rendimiento:

- **CPU, memoria y uso de disco:** Supervisión del uso de recursos y problemas de rendimiento.
- **Latencia y tiempos de respuesta:** Medición de tiempos de respuesta de las aplicaciones.

Alertas y notificaciones:

- **Umbral de recursos:** Configuración de alertas para cuando los recursos excedan ciertos umbrales.

- **Errores y excepciones:** Configuración de alertas para detectar y notificar sobre errores y excepciones en el sistema.

Logs y auditorías:

- **Registros de actividad:** Revisión de logs de actividad para rastrear acciones de usuarios y cambios en la configuración.
- **Eventos de seguridad:** Monitoreo de eventos de seguridad para detectar posibles amenazas o accesos no autorizados.

Microsoft Defender for Cloud

Evaluaciones de seguridad:

- **Análisis de vulnerabilidades:** Implementación de análisis periódicos para identificar y mitigar vulnerabilidades en la infraestructura y aplicaciones.
- **Recomendaciones de seguridad:** Seguimiento de las recomendaciones de Microsoft Defender para mejorar la postura de seguridad del sistema.

Monitoreo de amenazas:

- **Alertas de seguridad:** Configuración de alertas para ser notificado inmediatamente sobre incidentes de seguridad.

Cumplimiento y gobernanza:

- **Políticas de seguridad:** Monitorear el cumplimiento de políticas de seguridad y regulaciones relevantes.

Pruebas de seguridad

Análisis Estático de Código (SAST)

Objetivo de la Prueba

El objetivo del Análisis Estático de Código (SAST) es identificar vulnerabilidades de seguridad en el código fuente antes de que la aplicación se ejecute. Este análisis ayuda a detectar errores de programación que pueden ser explotados por atacantes.

Metodología

- **Herramientas utilizadas:** Herramientas específicas como SonarQube.
- **Ámbito del análisis:** Inclusión de todos los módulos y componentes del sistema Cloud ERP.
- **Ejecución del análisis:** Ejecución del análisis, incluyendo la configuración de la herramienta y la integración con el sistema de control de versiones GitHub.

Para la prueba del sistema se usó sonarcloud que es una plataforma en línea para análisis estático de código que ayuda a identificar y corregir problemas de calidad, seguridad y mantenimiento en el código fuente.

Aspectos evaluados

- **Vulnerabilidades de seguridad:** Identificación de vulnerabilidades como inyecciones SQL, vulnerabilidades XSS (Cross-Site Scripting), CSRF (Cross-Site Request Forgery), etc.
- **Errores de codificación:** Detección de errores comunes de programación que pueden llevar a problemas de seguridad.
- **Buenas prácticas de codificación:** Verificación del cumplimiento de las mejores prácticas y estándares de codificación.

Los pasos principales para realizar el análisis en sonarcloud incluyen clonar el repositorio completo, configurar e instalar el escáner de SonarCloud, y luego compilar el proyecto y realizar el análisis estático. Los resultados del análisis se envían a SonarCloud para su revisión, utilizando tokens de acceso seguros almacenados en los secretos del repositorio.

Esta configuración se realizó con GitHub Actions para SonarCloud que automatiza el análisis estático de código cada vez que se realiza un push a la rama o se abre, sincroniza o reabre un pull request como se puede observar en la figura 26.

```

- name: Cache SonarCloud packages
  uses: actions/cache@v3
  with:
    path: ~\sonar\cache
    key: ${ runner.os }-sonar
    restore-keys: ${ runner.os }-sonar

- name: Cache SonarCloud scanner
  id: cache-sonar-scanner
  uses: actions/cache@v3
  with:
    path: .\sonar\scanner
    key: ${ runner.os }-sonar-scanner
    restore-keys: ${ runner.os }-sonar-scanner

- name: Install SonarCloud scanner
  if: steps.cache-sonar-scanner.outputs.cache-hit != 'true'
  shell: powershell
  run: |
    New-Item -Path .\sonar\scanner -ItemType Directory
    dotnet tool update dotnet-sonarscanner --tool-path .\sonar\scanner

- name: Build and analyze
  env:
    GITHUB_TOKEN: ${ secrets.GITHUB_TOKEN } # Needed to get PR information, if any
    SONAR_TOKEN: ${ secrets.SONAR_TOKEN }
  shell: powershell
  run: |
    .\sonar\scanner\dotnet-sonarscanner begin /k:"JavierRevelo CloudERP" /o:"javierrevelo" /d:sonar.token="${ secrets.SONAR_TOKEN }"
    dotnet build
    .\sonar\scanner\dotnet-sonarscanner end /d:sonar.token="${ secrets.SONAR_TOKEN }"

```

Figura 26. Configuración SonarCloud.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados de entrevistas Think Aloud

Tras examinar las transcripciones y extraer términos emocionales recurrentes, se identificaron patrones significativos en las respuestas de los usuarios. Este análisis revela no solo los aspectos que generaron mayor satisfacción y facilidad de uso, sino también aquellos que provocaron frustración y confusión. En la Tabla 15, se puede observar las palabras más recurrentes en cada una de las entrevistas realizadas a los usuarios. Estas entrevistas también pueden ser revisadas en el anexo XI.

La contabilización de estas palabras proporciona una visión cuantitativa de las emociones y percepciones de los usuarios durante la interacción con el sistema. Por ejemplo, palabras positivas como "Bien" y "Cómodo/a" indican una experiencia satisfactoria y agradable, mientras que términos negativos como "Perdido/a" y "Confuso" sugieren áreas problemáticas que requieren atención. Las palabras neutras como "Normal" y "Cambiar" reflejan aspectos de la interfaz que son aceptables, pero podrían mejorarse.

Al comprender las emociones y reacciones de los usuarios, se pueden hacer ajustes específicos para mejorar la experiencia del usuario y aumentar la satisfacción general con el sistema.

Tabla 15. Contabilización de palabras recurrentes.

Emoción	Palabra	Promedio	Entrev 1	Entrev 2	Entrev 3	Entrev 4	Entrev 5	Entrev 6
Positiva	Bien	10	12	10	8	9	11	10
	Claro	3	3	2	4	3	3	4
	Cómodo/a	4	4	5	3	4	4	5
	Fácil	4	6	4	2	6	4	4
	Entiendo	2	2	3	1	2	2	2
Negativa	Perdido/a	3	5	3	4	1	2	3
	Confuso	2	2	1	3	2	2	3
	No entiendo	4	6	4	2	4	4	6
	Difícil	2	3	2	2	2	1	2
	No sé	3	2	5	4	1	3	3
Neutro	Más o menos	3	4	5	3	1	2	3
	Normal	2	3	2	2	2	1	2
	Cambiar	4	6	4	2	4	4	4
	Mejorar	2	2	1	3	2	2	2

La Figura 27 muestra la distribución de términos recurrentes extraídos de las entrevistas Think Aloud. En este gráfico, se visualizan las palabras más mencionadas por los usuarios durante las entrevistas, categorizadas en emociones positivas, negativas y neutras. Este análisis gráfico complementa la Tabla anterior y proporciona una representación visual clara de las emociones y percepciones de los usuarios.



Figura 27. Distribución términos recurrentes.

3.2 Encuesta SUS

La encuesta System Usability Scale (SUS) midió la usabilidad percibida del sistema Cloud ERP por los usuarios de FEPON a través de 10 enunciados.

Puntaje promedio por pregunta

■ Enunciados pares ■ Enunciados impares

Tabla 16. Promedio de puntaje por enunciado encuesta SUS.

	Enunciados	Puntaje
1)	Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.	4.2
2)	Encontré el sistema innecesariamente complejo.	1.8
3)	Creo que el sistema es fácil de usar.	4.4
4)	Creo que necesitaría la ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder usar este sistema.	1.4
5)	Encontré que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas.	3.6
6)	Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.	1.2
7)	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.	4.4
8)	Encontré el sistema muy engorroso de usar.	1.4
9)	Me sentí muy seguro/a usando el sistema.	4.6
10)	Necesité aprender muchas cosas antes de poder desenvolverme con el sistema.	1.8

La Figura 28 muestra el puntaje promedio obtenido por cada enunciado de la encuesta. Es importante tomar en cuenta que para las preguntas pares un valor más alto es mejor mientras que para las preguntas impares uno más bajo mejor. Los resultados indican que los usuarios se sienten muy seguros usando el sistema y consideran que es fácil de usar, sin embargo, el puntaje del enunciado "Encontré el sistema muy engorroso de usar" resalta la percepción de algunos usuarios sobre la complejidad del sistema. En general, aunque hay aspectos positivos destacados, estos resultados subrayan la necesidad de realizar mejoras para reducir la complejidad percibida y aumentar la consistencia del sistema.

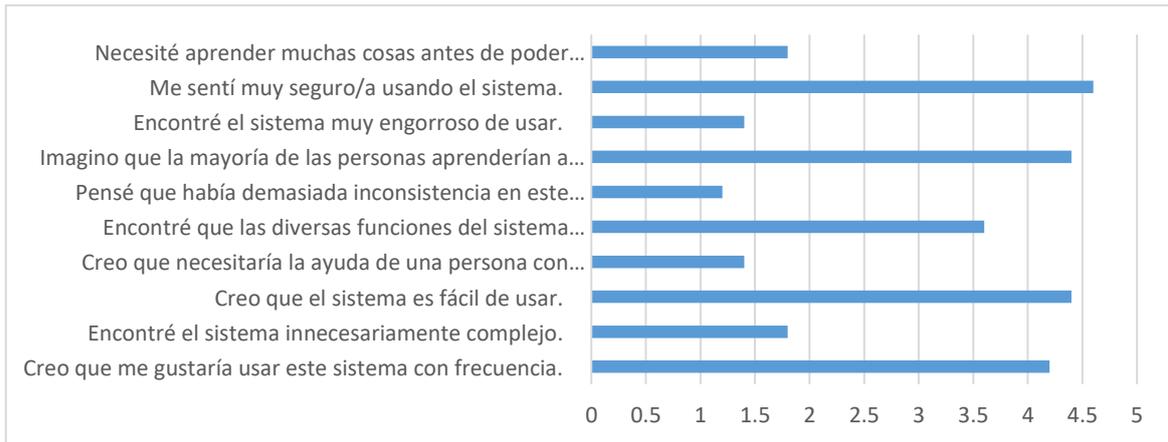


Figura 28. Puntaje promedio por enunciado encuesta SUS.

Puntaje SUS

$$SUS = [(Suma enunciados impares - 5) + (25 - Suma enunciados pares)] * 2.5$$

$$SUS = [(21.2 - 5) + (25 - 7.6)] * 2.5$$

$$SUS = 84$$

Rating SUS

Finalmente, en base al puntaje SUS obtenido, el módulo eventos del sistema cloud ERP se encuentra en la categoría Excelente a nivel de usabilidad de acuerdo con la Tabla 17.

Tabla 17. Resultado rating SUS.

SUS Score	Rating
> 80.3	Excelente
68 – 80.2	Bueno
67	Aceptable
51 – 66	Pobre
< 51	Terrible

3.3 Encuesta NPS

El Net Promoter Score (NPS) evaluó la lealtad y satisfacción de los usuarios con el sistema mediante la pregunta "En una escala del 0 al 10, ¿cuán probable es que recomiende este producto a un amigo o colega?".

En base a la respuesta del usuario, este se clasifica según se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados clasificación NPS.

Clasificación	Descripción	Puntuación	Cantidad
Promotor	Usuarios satisfechos y leales que probablemente recomendarán tu producto o servicio.	9-10	4
Pasivo	Usuarios satisfechos pero que no recomendarían el producto.	7-8	1
Detractor	Clientes insatisfechos que podrían afectar el producto a través de comentarios negativos.	0-6	0

Dando como resultado que el 20% se mantiene pasivo, mientras que el 80% es promotor y no se encuentra ningún retractor como se puede observar en la figura 29.

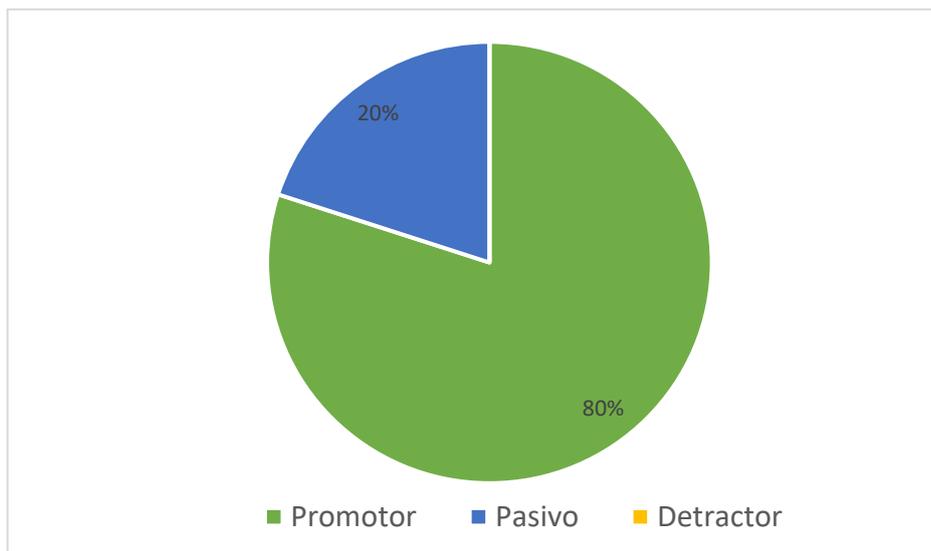


Figura 29. Gráfica de clasificación NPS.

Posteriormente se calcula el NPS utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{NPS} = \% \text{promotores} - \% \text{detractores}$$

$$\text{NPS} = \left(\frac{4}{5} * 100\right) \% - \left(\frac{0}{5} * 100\right) \% = 80\% - 0\%$$

$$\text{NPS} = 80\%$$

Finalmente, en base al NPS obtenido, el módulo de eventos del sistema se encuentra en la clasificación Excelente como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados NPS.

Clasificación	Descripción	Puntuación
Grave	El sistema tiene más detractores que promotores. Necesita mejoras urgentes para aumentar la satisfacción del usuario.	< 0
Insatisfactorio	Predominan los detractores sobre los promotores. Es necesario abordar problemas importantes para mejorar la experiencia del usuario.	0 – 27
Moderadamente positivo	Los usuarios están generalmente satisfechos, aunque hay oportunidades de mejora	28 – 54
Excelente	La mayoría de los usuarios son promotores y están muy satisfechos con el sistema. Existen muy pocas áreas de mejora.	55 – 100

3.4 Encuesta de cumplimiento de heurísticas

La encuesta de cumplimiento de heurísticas evaluó el nivel en que el sistema cumple con las heurísticas de usabilidad definidas. Los usuarios calificaron en una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy en desacuerdo" y 5 es "muy de acuerdo".

Los resultados por heurística se encuentran en la figura 30.

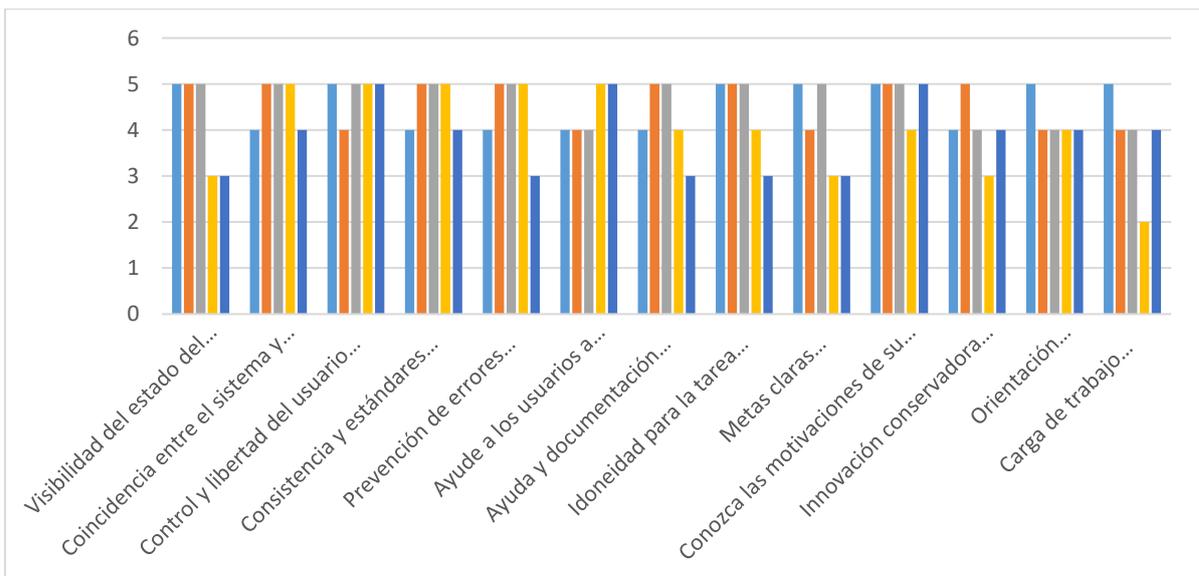


Figura 30. Puntaje promedio encuesta de cumplimiento de heurísticas.

Los resultados indicaron que el sistema cumple en su mayoría con un alto rango de cumplimiento en cuanto a las heurísticas de usabilidad evaluadas como se puede observar

en la tabla 20, siendo únicamente la carga de trabajo, la heurística que menos rango de cumplimiento tiene, sin embargo, ésta no se encuentra muy por debajo del resto aun así se convierte en un punto que debe ser revisado y mejorado posteriormente.

Tabla 20. Puntaje promedio y rango de cumplimiento de heurísticas.

Heurística	Promedio	Rango de Cumplimiento	Descripción
Visibilidad del estado del sistema	4.2	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Coincidencia entre el sistema y el mundo real	4.6	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Control y libertad del usuario	4.8	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Consistencia y estándares	4.6	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Prevención de errores	4.4	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Ayude a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	4.4	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Ayuda y documentación	4.2	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Idoneidad para la tarea	4.4	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Metas claras	4	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.

Conozca las motivaciones de su usuario	4.8	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Innovación conservadora	4	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Orientación	4.2	Alto	El sistema cumple perfectamente con la heurística. No se requieren mejoras.
Carga de trabajo	3.8	Moderado	El sistema cumple bien con la heurística, existe poco margen de mejora.

3.5 Resultados usando SortSite

El análisis de los resultados que arrojó la herramienta SortSite, indica que no se detectaron problemas de calidad ni de usabilidad en las páginas evaluadas de las interfaces del módulo de eventos del sistema ERP como se puede observar en la figura 31. La evaluación cubrió un total de cuatro páginas y archivos, y los resultados muestran que el 0% de las páginas tiene problemas, superando el promedio en comparación con otros benchmarks. Esto sugiere que la interfaz del módulo de eventos cumple con los estándares de calidad y usabilidad establecidos, proporcionando una experiencia de usuario óptima.

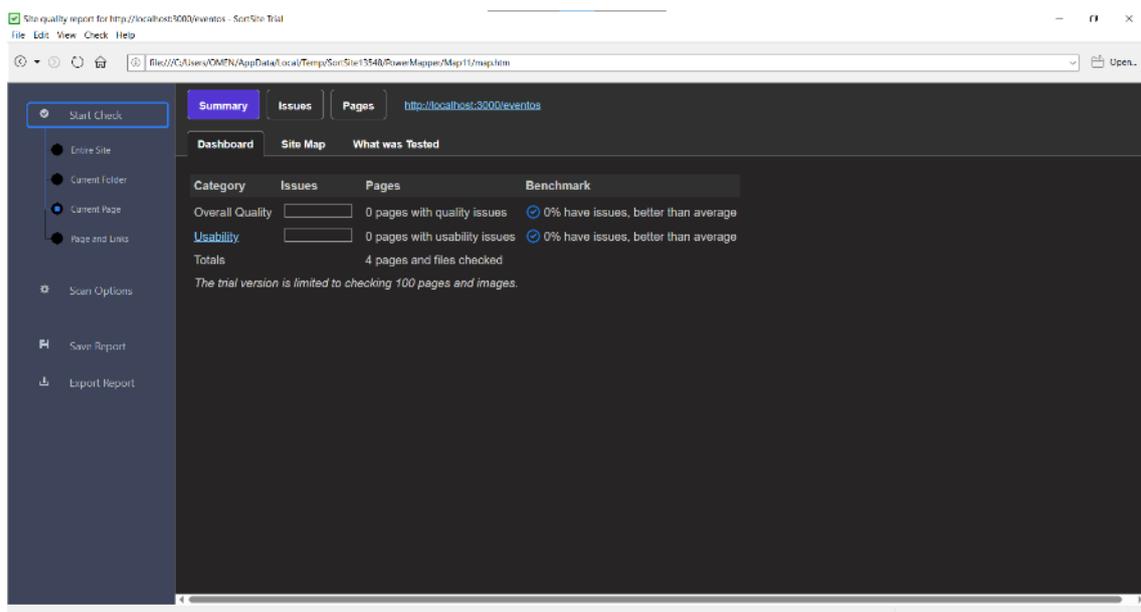


Figura 31. Resultados de evaluación de usabilidad para el módulo de eventos usando SortSite.

El análisis de los resultados que arrojó la herramienta SortSite de la interfaz del módulo de solicitudes de presupuesto del sistema ERP, indica que no se detectaron problemas de calidad ni de usabilidad en las páginas evaluadas. La evaluación cubrió un total de cuatro páginas y archivos, y los resultados muestran que el 0% de las páginas tiene problemas, superando el promedio en comparación con otros benchmarks. Esto sugiere que la interfaz del módulo de solicitudes de presupuesto cumple con los estándares de calidad y usabilidad establecidos, proporcionando una experiencia de usuario óptima como se puede observar en la figura 32.

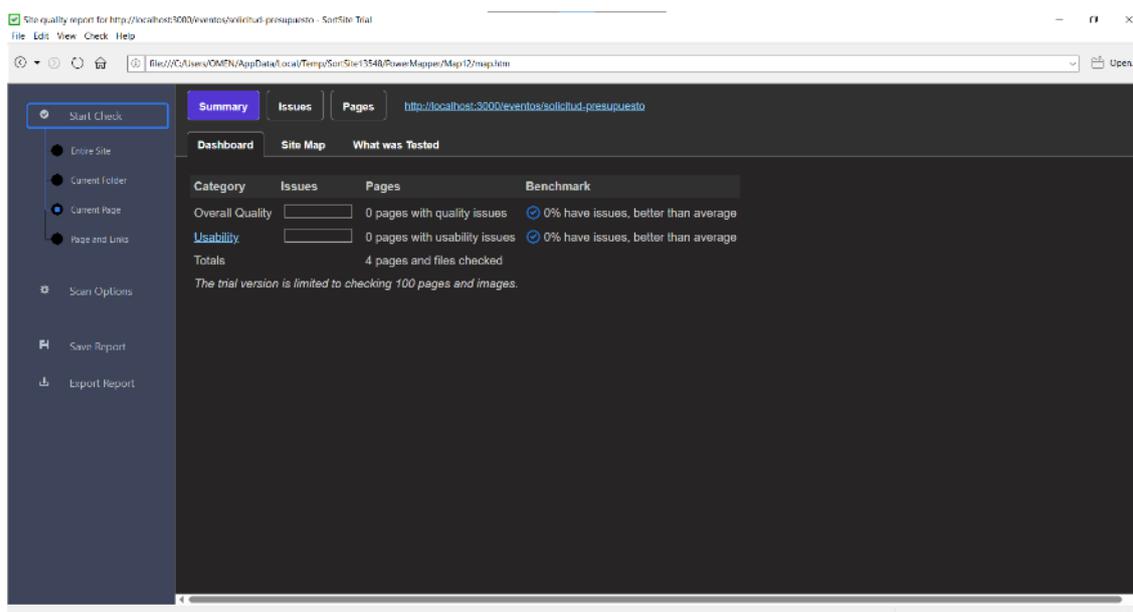


Figura 32. Resultados de evaluación de usabilidad para el módulo de solicitudes de presupuesto usando SortSite

3.6 Resultados de métricas servicios cloud

Servidor SQL

El análisis de las métricas de uso y rendimiento del servidor de la base de datos del sistema ERP Fepon revela un funcionamiento eficiente y estable. El uso promedio de la CPU es bajo, con un 0.18%, lo que indica que el servidor tiene suficiente capacidad de procesamiento disponible. El espacio máximo de datos utilizado se mantiene constante en 32.5 MB, lo que sugiere estabilidad en el almacenamiento de datos. Además, el servidor registra 128 conexiones exitosas, lo que refleja un acceso constante y sin problemas, indicando la fiabilidad y accesibilidad del sistema. En general, el servidor de la base de datos muestra un buen rendimiento como se puede observar en la figura 33.

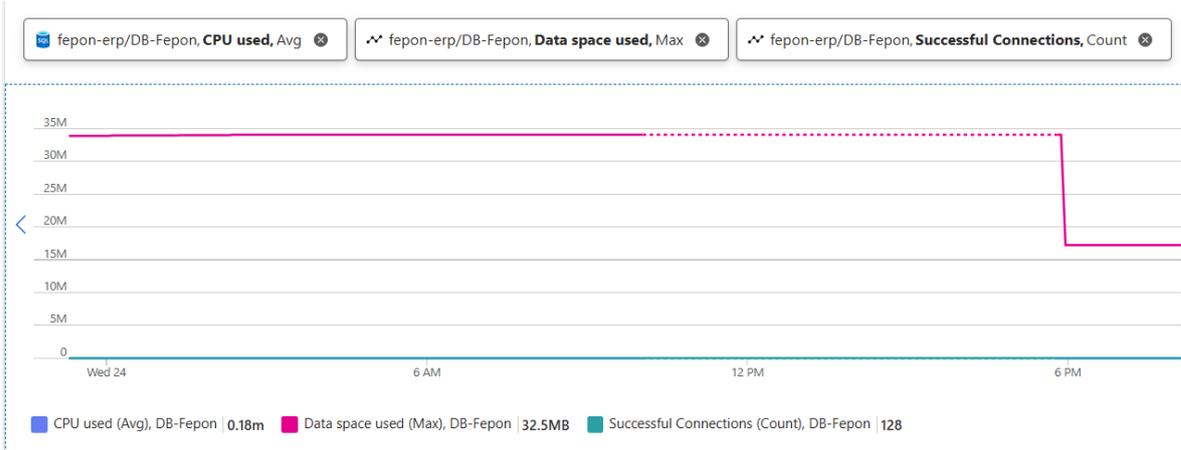


Figura 33. Métricas de servidor SQL.

App Management (APIs)

En la Figura 34, se muestra el análisis de las métricas de uso y rendimiento del servidor "backendfepon", un componente esencial del sistema Cloud ERP. Las métricas incluyen el número de solicitudes recibidas (Requests Count), el tiempo promedio de respuesta del servidor (Response Time Avg) y el uso promedio de memoria (Memory Working Set Avg). Durante las pruebas el servidor mantuvo un nivel constante de solicitudes, con un total de 33. El tiempo promedio de respuesta fue de 3.36 segundos, mientras que el uso promedio de memoria alcanzó los 117.6 MB. Este análisis permite identificar los momentos de mayor demanda y evaluar la eficiencia del servidor en términos de tiempo de respuesta y gestión de recursos, proporcionando una base para optimizar el rendimiento y la escalabilidad del sistema.

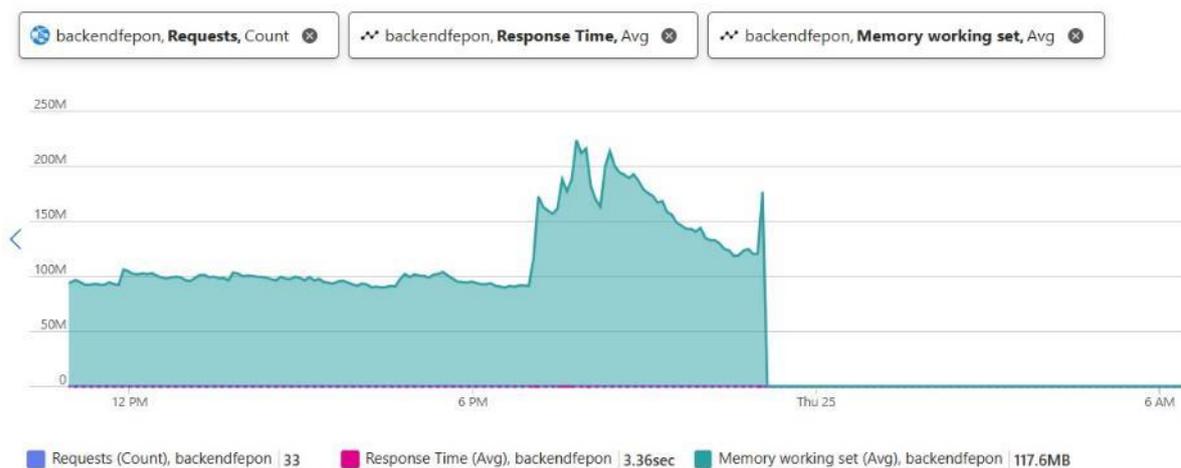


Figura 34. Métricas de API management.

3.7 Resultado de Microsoft defender for cloud

En la Figura 35, se muestra un análisis de la postura de seguridad proporcionada por Microsoft Defender for Cloud. Los resultados indican que la suscripción utilizada para la implementación de los servicios del sistema Cloud ERP, con un total de 11 recursos evaluados, no presenta recomendaciones críticas, caminos de ataque ni alertas de seguridad. En términos de riesgo ambiental y puntaje de seguridad, se identificaron 21 recomendaciones en total, categorizadas en niveles de riesgo: 0 críticas, 1 alta, 5 medias y 15 bajas. El puntaje total de seguridad es del 75%, lo cual refleja un buen nivel de seguridad general, aunque aún hay margen para mejoras. Este puntaje sugiere que, aunque no se han identificado amenazas críticas, existen oportunidades para fortalecer la postura de seguridad mediante la evaluación y aplicación de las recomendaciones dadas por Microsoft.

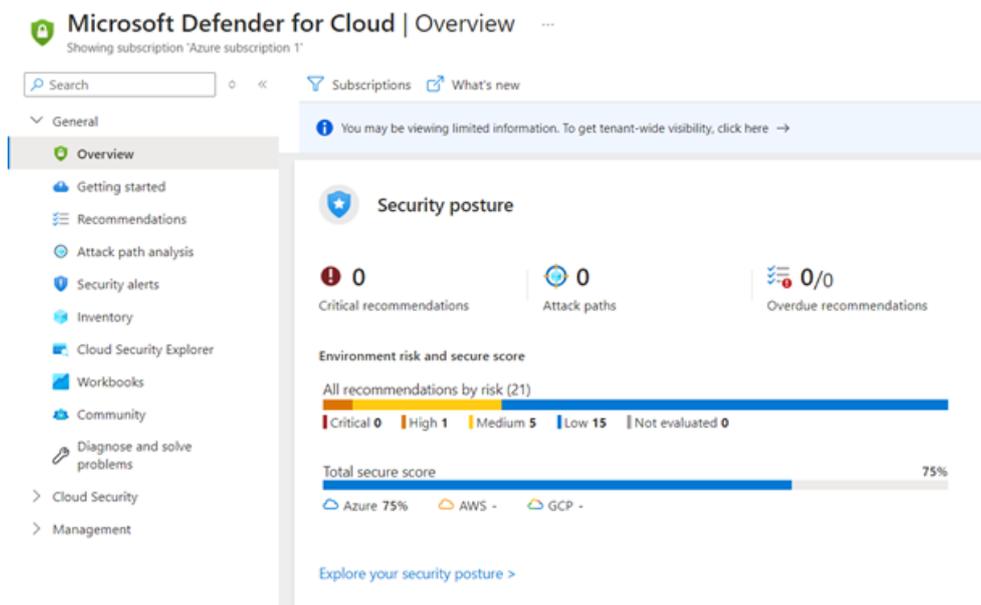


Figura 35. Resumen general de Microsoft Defender for Cloud.

En la Figura 36, se muestra que las recomendaciones de seguridad incluyen la resolución de vulnerabilidades en bases de datos SQL, la asignación de un administrador de Azure Active Directory en servidores SQL, y la desactivación del acceso a redes públicas en bases de datos SQL, entre otras. Estas recomendaciones se relacionan principalmente con la exposición a internet, indicando un riesgo potencial debido a la accesibilidad de estos recursos desde redes públicas. La implementación de estas recomendaciones mejoraría significativamente la postura de seguridad del sistema ERP en la nube.

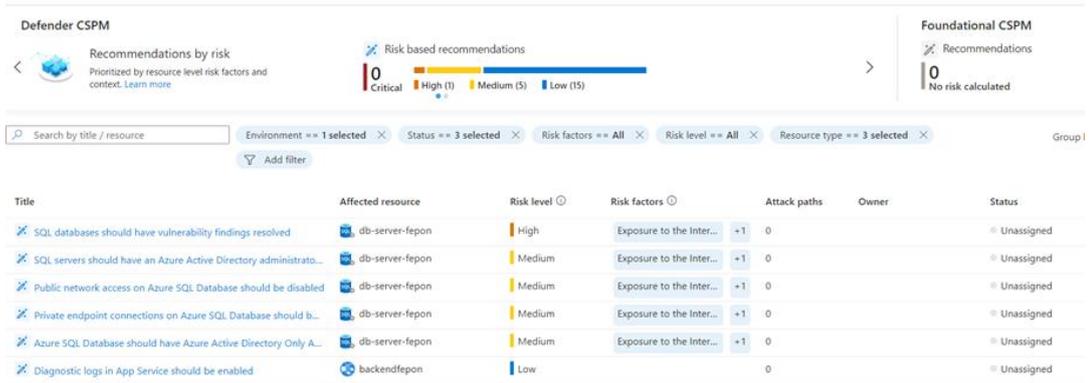


Figura 36. Resumen recomendaciones de Microsoft Defender for Cloud.

3.8 Resultados SAST

El análisis de código estático muestra resultados positivos en términos de seguridad general. El apartado de seguridad ha sido aprobado, con cero problemas abiertos en seguridad y fiabilidad, indicando un código seguro y robusto como se puede observar en la figura 37. Sin embargo, hay 324 problemas abiertos de severidad media en mantenibilidad que necesitan atención para mejorar la calidad a largo plazo. Adicional no se detectaron duplicaciones, lo que es positivo para el mantenimiento.

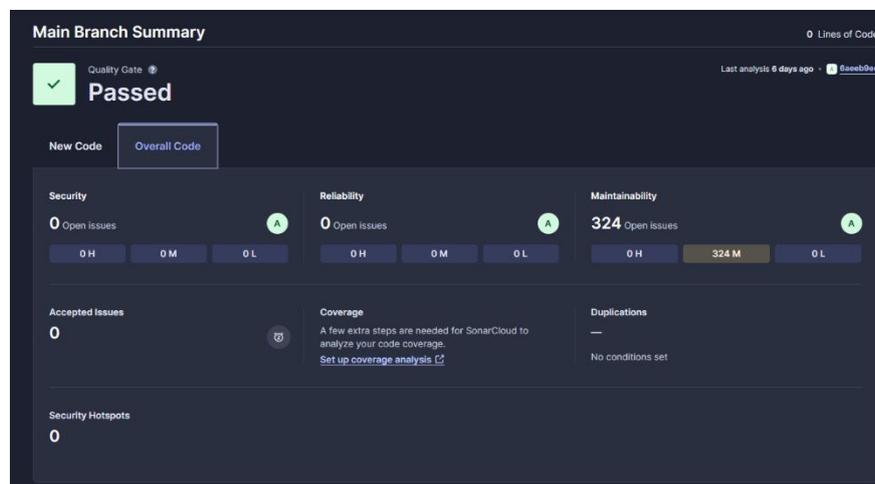


Figura 37. Resultados generales de análisis código estático.

En la Figura 38, se muestra a detalle el resultado del análisis de código estático por carpetas de código, destacando la ausencia de bugs, vulnerabilidades y puntos críticos de seguridad, lo cual es positivo. Se identificaron varios "code smells", especialmente en la carpeta backendfepon, indicando áreas que necesitan mejora. También se observa una falta de cobertura de pruebas en algunos archivos, sugiriendo mejorar la precisión de la configuración de cobertura del análisis.

Maintainability ?	
Overview	
New Code	
Code Smells	0
Debt	0
Debt Ratio	0.0%
Rating	A
Overall Code	
Code Smells	324
Debt	0
Debt Ratio	0.0%
Rating	A
Effort to Reach A	0

Figura 38. Resultados específicos de análisis código estático.

3.9 Conclusiones

Se concluye que el enfoque de gestión visual del trabajo que ofrece Kanban permite al equipo adaptarse rápidamente a los cambios en las prioridades de las tareas. Durante el desarrollo de este proyecto, se encontraron varias dificultades que, sin la metodología Kanban, podrían haber causado problemas significativos. Sin embargo, Kanban permitió al equipo ajustarse eficientemente a los cambios en las prioridades de los requisitos del proyecto, asegurando que el producto final llegara a tiempo y fuera completamente funcional.

Las heurísticas seleccionadas para la evaluación de usabilidad del sistema ERP ofrecen una metodología robusta y exhaustiva que aborda múltiples aspectos críticos de la experiencia del usuario. Al integrar estas heurísticas, se logra una evaluación completa que identifica y soluciona problemas de usabilidad, optimiza la eficiencia y efectividad de las tareas del usuario, y garantiza una experiencia de usuario coherente y satisfactoria.

Los resultados de la encuesta de cumplimiento de heurísticas de usabilidad indican que el sistema cumple en su mayoría con un alto rango de cumplimiento en cuanto a las heurísticas evaluadas. La única excepción es la carga de trabajo, que presenta un rango de cumplimiento menor en comparación con las demás heurísticas. Sin embargo, esta diferencia no es significativa, aunque se convierte en un aspecto que debe ser revisado y mejorado posteriormente. Por otro lado, los resultados de la encuesta Net Promoter Score

revelaron que el sistema cuenta con una alta satisfacción por parte de los usuarios, con un NPS igual al 80%, clasificándolo como excelente. No obstante, es esencial enfocarse en convertir al 20% de usuarios pasivos en promotores mediante mejoras continuas y personalización de la experiencia del usuario manteniendo una actitud proactiva en la identificación y resolución de potenciales. Además, el análisis automatizado realizado con SortSite indica que no se detectaron problemas de calidad ni de usabilidad en las páginas evaluadas del módulo de eventos del sistema ERP, superando así el promedio de otros benchmarks. Esto sugiere que la interfaz cumple con los estándares establecidos, proporcionando una experiencia de usuario óptima. Sin embargo, es importante complementar estos resultados con la opinión de un experto para asegurar una evaluación completa y abordar cualquier área de mejora potencial que no haya sido detectada por la herramienta.

En cuanto a la evaluación de seguridad del sistema Cloud ERP, según los resultados presentados por Microsoft defender for cloud, muestran que no se han identificado recomendaciones críticas, caminos de ataque ni alertas de seguridad activas, indicando un entorno seguro. Por otro lado, puntaje de seguridad de 75% sugiere un buen nivel de protección, aunque con un margen para mejoras. También se han identificado 21 recomendaciones, destacando la necesidad de resolver vulnerabilidades en bases de datos SQL, asignar un administrador de Azure Active Directory, desactivar el acceso público a estas bases de datos y habilitar conexiones de endpoint privadas. Para abordar estos problemas, se recomienda priorizar la resolución de las vulnerabilidades de alto y medio riesgo, fortalecer la gestión de identidades mediante la asignación de administradores adecuados, y asegurar que todas las conexiones sean privadas para reducir la exposición a riesgos. Además, habilitar los registros de diagnóstico en los servicios de aplicaciones permite una mejor monitorización y auditoría. Implementar estas soluciones mejora significativamente la seguridad del sistema ERP, reduciendo la exposición a amenazas y fortaleciendo la protección contra posibles ataques, mientras se mantiene una vigilancia continua para enfrentar futuras vulnerabilidades que afecten directamente al sistema y a FEAPON.

La evaluación de código estático realizada muestra resultados positivos en términos de seguridad, con cero problemas abiertos en seguridad y fiabilidad, lo que indica un código robusto y seguro. La ausencia de duplicaciones es también favorable para la mantenibilidad, sin embargo, también se han identificado 324 problemas de severidad media en mantenibilidad que requieren atención para mejorar la calidad a largo plazo. Estos problemas tienen que ver con varios code smells en la carpeta backendfeapon que pueden llevar a problemas de rendimiento y dificultades en el mantenimiento del código a

largo plazo. A pesar de los resultados positivos en el resto de las categorías evaluadas, es crucial abordar estos problemas para garantizar una calidad de código más sostenible y eficiente.

En general el componente de eventos del sistema ERP permitió asegurar la precisión de la información de los eventos realizados por la federación, respaldando los datos con documentación detallada de cada actividad, a través de las interfaces de eventos y solicitudes de presupuesto, con disponibilidad continua mediante el uso de servidores en la nube, lo cual optimizó la gestión y operación de los eventos de la asociación.

3.10 Recomendaciones

Se recomienda solicitar permisos a las autoridades de la DGIP para establecer un ambiente de desarrollo al que los estudiantes puedan acceder, ya que, el uso del tenant de la Escuela Politécnica Nacional facilitaría la gestión de usuarios y la autenticación en la aplicación, permitiendo que esta sea accesible únicamente mediante el correo institucional. Esto no solo optimizaría la seguridad de la aplicación, sino que también simplificaría el proceso de acceso para los estudiantes.

Se recomienda considerar el límite de créditos disponibles para cada estudiante en el uso de Azure, con el fin de evitar problemas con la base de datos. Además, es importante tener en cuenta que, en caso de agotarse los créditos de las cuentas personales, se pueden utilizar las cuentas de compañeros de facultades que no hagan uso de este recurso, lo cual permite maximizar el uso de las herramientas disponibles.

Aunque el módulo de eventos está funcionando correctamente, es crucial enfocarse en su evolución continua para asegurar su éxito a largo plazo por lo que se recomienda implementar un proceso de revisión y análisis regular para identificar oportunidades de mejora en la arquitectura y en el rendimiento del código. La integración de herramientas de monitoreo y análisis de uso puede proporcionar datos valiosos sobre cómo se está utilizando el módulo y áreas donde se pueden realizar mejoras. Además, considerar la integración de características avanzadas, como capacidades de análisis de datos y personalización dinámica, puede proporcionar un valor adicional y mejorar la satisfacción del usuario. La documentación proporcionada del módulo facilitará su mantenimiento y escalabilidad, asegurando que cualquier cambio o ampliación sea eficiente y bien gestionado. Estas acciones ayudarán a mantener el módulo de eventos actualizado, eficiente y alineado con las necesidades cambiantes de los usuarios.

También se recomienda añadir un módulo que permita visualizar el registro de las asociaciones anteriores, ya que actualmente el sistema solo muestra el registro de la federación actual. Esto permitiría que todas las generaciones de la federación puedan tener conocimiento de las actividades y logros de sus predecesores, fomentando la continuidad y el aprendizaje a lo largo del tiempo.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Balbudhe, M. Meshram y R. Rasekar, "Enterprise Resource Planning (ERP) System for Educational Organization", Int. J. Comput. Electron. Aspects Eng., vol. 3, n.º 1, p. 11, 2022.
- [2] S. Li et al., "Understanding and addressing quality attributes of microservices architecture: A Systematic literature review", Inf. Softw. Technol., vol. 131, p. 106449, marzo de 2021. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584920301993?via%3Dihub>
- [3] "The starting point for learning TypeScript". TypeScript: JavaScript With Syntax For Types. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.typescriptlang.org/docs/>
- [4] "React". React. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://react.dev/>
- [5] "OAuth 2.0 — OAuth". OAuth Community Site. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://oauth.net/2/>
- [6] "Github documentation". chakra-ui: Simple, Modular & Accessible UI Components for your React Applications. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://github.com/chakra-ui/chakra-ui/?tab=readme-ov-file#documentation>
- [7] "C# Guide - .NET managed language". Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>
- [8] "ASP.NET documentation". Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-8.0>
- [9] "Página de ayuda". Accedido el 17 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://help.figma.com/hc/en-us>
- [10] "PowerDesigner 16.6 - Documentation". Get PowerDesigner 16.7 - The industry leading Data Modeling Tool. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.powerdesigner.biz/EN/powerdesigner-resources/powerdesigner-documentation.html>

- [11] “Azure DevOps documentation”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/devops/?view=azure-devops>
- [12] “Azure Data Studio - Azure Data Studio”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure-data-studio/>
- [13] Microsoft. “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined”. Visual Studio Code - Code Editing. Redefined. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://code.visualstudio.com>
- [14] “Azure App Service documentation - Azure App Service”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/app-service/>
- [15] “API Management documentation”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/api-management/>
- [16] “¿Qué es el BPMN y cuál es su utilidad para las empresas?”, *EP Newman*, 02-jul-2024. Accedido el 5 de julio de 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.epnewman.edu.pe/revista/que-es-el-bpmn/>.
- [17] “Microsoft Defender for Cloud documentation - Microsoft Defender for Cloud”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/defender-for-cloud/>
- [18] “Azure Monitor documentation - Azure Monitor”. Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/azure-monitor/>
- [19] R. S. Sandhu, “Role-based Access Control,” *Advances in Computers*, vol. 46, pp. 237-286, 1998.
- [20] J. Nielsen, “10 Usability Heuristics for User Interface Design,” *Nielsen Norman Group*, 2024. Accedido el 26 de julio del 2024. [En línea]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
- [21] “Colombo & Paschs Heuristics” *Heurio*, 2023. Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.heurio.co/colombo-and-paschs-heuristics>

[22] “ISO 9241 Part 110 Dialogue Principles,” *Heurio*, 2023. Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.heurio.co/iso-9241-part-110-dialogue-principles>

[23] “Bastien & Scapin Evaluation of Human-Computer Interfaces” *Heurio*, 2023. Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.heurio.co/bastien-and-scapin-evaluation-of-human-computer-interfaces>

[24] “¿Qué es la norma ISO 27001 y para qué sirve?” GlobalSuite Solutions. Accedido el 13 de abril de 2024. Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea] Disponible en: <https://www.globalsuitesolutions.com/es/que-es-la-norma-iso-27001-y-para-que-sirve/>

[25] “Inicio - OWASP Top 10:2021”. OWASP Foundation, the Open Source Foundation for Application Security | OWASP Foundation Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea] Disponible en: <https://owasp.org/Top10/es/>

[26] “CWE - CWE Top 25 Most Dangerous Software Weaknesses”. CWE - Common Weakness Enumeration. Accedido el 13 de abril del 2024. [En línea] Disponible en: <https://cwe.mitre.org/top25/>

5 ANEXOS

Los anexos que se encuentran en forma de enlace son accesibles dando clic, esta acción redireccionará a una carpeta de OneDrive con el contenido del anexo seleccionado.

Anexo I. Estándares de usabilidad y seguridad: [1. Anexo I EstandaresUsabilidad-Seguridad](#)

Anexo II. Diagramas de procesos: [2. Anexo II Diagramas-Procesos](#)

Anexo III. Perfiles de usuario: [3 Anexo III Perfiles-Usuario](#)

Anexo IV. Historias de usuario: [4. Anexo IV Historias-Usuario](#)

Anexo V. Arquitectura del sistema: [5. Anexo V Arquitectura](#)

Anexo VI. Modelo de base de datos: [6. Anexo VI Modelo-BDD](#)

Anexo VII. Prototipos del sistema: [7. Anexo VII Prototipos](#)

Anexo VIII. Desarrollo de front-end y back-end: [8. Anexo VIII DesarrolloFrontend-backend](#)

Anexo IX. Código fuente: [9. Anexo IX CódigoFuente](#)

Anexo X. Cuestionarios de usabilidad: [10. Anexo X Cuestionarios de usabilidad](#)

Anexo XI. Pruebas de usabilidad: [11. Anexo XI PruebasUsabilidad](#)

Anexo XII. Repositorio bibliográfico: [12. Anexo XII RepositorioBibliografico](#)