

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Aplicación móvil para automatizar y controlar préstamos e inventarios con tecnologías sin contacto e IoT.

Código: INGE-2991

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Telemática

Presentado por:

Héctor Andrés Bravo Castro

David Jeremías Venegas Gellibert

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, abuelos, tíos y a mi novia, quienes han sido parte fundamental de mi vida; gracias a que me criaron con valores, me impulsaron constantemente y me brindaron su amor incondicional y apoyo, pude enfrentar con determinación cada reto académico y personal. También lo dedico a mis mascotas, y de manera especial a Sam y Esperancita, quienes hoy me acompañan desde el cielo.

Héctor Bravo C.

El presente proyecto lo dedico a mis padres, y mis hermanos, quienes han sido, después de Dios, la piedra angular de quien soy. A mis amigos, y compañeros de estudio, quienes han sido un soporte invaluable y me han otorgado el privilegio de compartir este trayecto con ellos. Además, deseo expresar mi más sincera gratitud a todos los docentes que han sido parte de mi formación académica, su aporte es y será incalculable.

David Venegas G.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al M.Sc. Danny Torres por su orientación constante durante la elaboración del proyecto. A todos mis profesores de la carrera de Telemática por sus enseñanzas valiosas y formación profesional integral que marcaron mi desarrollo.

Héctor Bravo C.

Mi más sincero agradecimiento al M.Sc. Danny Torres por el conocimiento impartido, y la paciencia demostrada en mi proceso formativo. Su apoyo y conocimiento me han hecho crecer de manera profesional y personal. Gracias por la motivación y el impulso para ser cada vez mejores.

David Venegas G

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros, David Jeremias Venegas Gellibert y Hector Andrés Bravo Castro, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 3 de marzo del 2026.

Hector Andres Bravo Castro

David Jeremías Venegas Gellibert

EVALUADORES

M.Sc. Christopher Javier Vaccaro

Cedillo

Profesor de Materia

M.Sc. Danny Alfredo Torres

Morán

Tutor de proyecto

Resumen

La gestión manual de préstamos e inventarios en entornos universitarios conlleva ineficiencias operativas, errores de registro y falta de trazabilidad en tiempo real. Este proyecto propone el desarrollo e implementación de un sistema integrado para automatizar estos procesos en un laboratorio piloto de la ESPOL. La solución combina una aplicación móvil nativa para Android, un panel de gestión web y un módulo básico de sensórica, interconectados mediante una infraestructura en la nube (Firebase). La aplicación móvil permite a los usuarios registrar préstamos y devoluciones en segundos mediante el escaneo de tecnologías sin contacto (NFC y códigos QR), generando automáticamente comprobantes digitales en PDF. El panel web centraliza la administración del inventario, usuarios y la generación de reportes.

La evaluación del sistema, realizada bajo la metodología Design Thinking, demostró una reducción del 94% en el tiempo de procesamiento por transacción (de 15 a 0.9 minutos). Las tecnologías de identificación mostraron una precisión del 100% para códigos QR y del 98% para NFC. El panel de gestión fue calificado con 4.7/5 en usabilidad por los administradores. Estos resultados validan que el sistema cumple con los objetivos de mejorar la eficiencia operativa, garantizar la trazabilidad y ofrecer un control centralizado. Se concluye que la solución es viable y efectiva, sentando las bases para su escalabilidad. Como trabajo futuro, se recomienda implementar un modo offline para la aplicación móvil y explorar la integración con sistemas institucionales mediante APIs.

Palabras clave: Gestión de inventario, préstamo de activos, aplicación móvil, NFC, código QR, trazabilidad en tiempo real, automatización, laboratorio universitario.

Abstract

The manual management of loans and inventories in university environments leads to operational inefficiencies, registration errors, and a lack of real-time traceability. This project proposes the development and implementation of an integrated system to automate these processes in a pilot laboratory at ESPOL. The solution combines a native Android mobile application, a web management panel, and a basic sensing module, all interconnected via a cloud infrastructure (Firebase). The mobile application allows users to register loans and returns in seconds by scanning contactless technologies (NFC and QR codes), automatically generating digital PDF receipts. The web panel centralizes inventory administration, user management, and report generation.

The system evaluation, conducted using the Design Thinking methodology, demonstrated a 94% reduction in processing time per transaction (from 15 to 0.9 minutes). Identification technologies showed an accuracy of 100% for QR codes and 98% for NFC. The management panel was rated 4.7/5 in terms of usability by administrators. These results validate that the system meets the objectives of improving operational efficiency, ensuring traceability, and offering centralized control. It is concluded that the solution is viable and effective, laying the foundation for its scalability. As future work, implementing an offline mode for the mobile application and exploring integration with institutional systems via APIs is recommended.

Keywords: Inventory management, asset loan, mobile application, NFC, QR code, real-time traceability, automation, university laboratory.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Siglas y abreviaturas.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Capítulo 1.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Alcance.....	4
1.5.1. Alcance general del proyecto.....	4
1.5.2. Naturaleza de la Automatización.....	5
1.5.3. Ámbito de Validación.....	5
1.5.4. Alcance Funcional de la Aplicación Móvil.....	5
1.6. Limitaciones.....	6
1.6.1. Límites del Proyecto (Fuera del Alcance).....	6
1.6.2. Limitaciones Técnicas y Operativas.....	6
1.6.3. Limitaciones Logísticas y Presupuestarias.....	6
1.7. Estado del Arte.....	7
1.8. Marco Teórico.....	7
1.8.1. Paradigma Tecnológico Central: Integración Movil-Cloud-IoT.....	8
1.8.2. Tecnologías de Identificación y su Rol.....	8
1.8.3. Plataforma de Desarrollo y su Justificación.....	9
1.8.4. Metodología Design Thinking.....	10
1.8.5. Arquitectura Monolítica.....	11
Capítulo 2.....	12
2.1. Enfoque Metodológico.....	12
2.2. Fases del Design Thinking Aplicadas.....	13
2.2.1. Fase 1: Empatizar.....	13
2.2.2. Fase 2: Definir.....	14
2.2.3. Fase 3: Idear.....	15
2.2.4. Fase 4: Prototipar.....	18
2.2.5. Fase 5: Evaluar (Testear).....	23
Capítulo 3.....	26
3.1. Arquitectura General del Sistema.....	26
3.2. Componentes del Sistema.....	27

3.2.1. Aplicación Móvil Android.....	27
3.2.3. Panel de Gestión Web.....	29
3.2.4. Backend y Servicios en la Nube (Firebase).....	32
3.3. Flujo de Funcionamiento del Sistema.....	32
3.3.1. Secuencia de Validación con QR/NFC.....	32
3.3.2. Verificación de Sincronización y Consistencia de Estados.....	34
3.4. Alineación de la Implementación con los Objetivos Específicos.....	34
Capítulo 4.....	36
4.1. Evaluación del Objetivo Específico 1: Administración en Tiempo Real.....	36
4.2. Evaluación del Objetivo Específico 2: Identificación Automatizada.....	38
4.3. Evaluación del Objetivo Específico 3: Panel de Gestión Centralizado.....	39
4.4. Discusión y Síntesis de Hallazgos.....	42
Capítulo 5.....	43
5.1. Conclusiones.....	43
5.2. Líneas Futuras de Trabajo.....	44
Referencias.....	45
Apéndices.....	48
Apéndice A. Dockerización del Sistema.....	48
Apéndice B. Capturas del Sistema en Funcionamiento.....	50
Apéndice C. Objetos etiquetados.....	52

Siglas y abreviaturas

- ESPO: Escuela Superior Politécnica del Litoral
- IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)
- RFID: Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia)
- NFC: Near Field Communication (Comunicación de Campo Cercano)
- PDF: Portable Document Format (Formato de Documento Portátil)
- PoV: Point of View (Declaración del Problema)
- OE: Objetivo Específico
- SSR: Server-Side Rendering (Renderizado del lado del Servidor)
- SSG: Static Site Generation (Generación de Sitio Estático)
- ERP: Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)
- APK: Android Package Kit (Paquete de Aplicación Android)
- SDK: Software Development Kit (Kit de Desarrollo de Software)
- QR: Quick Response (Respuesta rápida)

Índice de tablas

Tabla 2.1 Actores, roles y puntos de conflicto.....	15
Tabla 2.2 Declaración del problema (PoV).....	16
Tabla 2.3 Ideación de soluciones y alineación con objetivos.....	17
Tabla 2.4 Modelo de estados.....	19
Tabla 2.5 Prototipos desarrollados y su alcance.....	20
Tabla 3.1 Alineaciones de implementaciones con OE's.....	37
Tabla 4.1 Comparativa de tiempos por etapa del proceso.....	38
Tabla 4.2 Resultados de precisión en la identificación.....	40

Índice de figuras

Figura 2.1 Metodología Design Thinking aplicada al desarrollo del sistema.....	12
Figura 2.2 Proceso de solicitud.....	16
Figura 2.3 Mockup del ingreso de la app móvil.....	19
Figura 2.4 Mockup de la pantalla de validación de préstamos de la app móvil.....	19
Figura 2.5 Mockup de la pantalla de ingreso a la plataforma web.....	20
Figura 2.6 Mockup del Dashboard de la plataforma web.....	20
Figura 2.7 Mockup de la vista del Catálogo/Inventario.....	21
Figura 2.8 Mockup del PDF generado.....	21
Figura 3.1 Diagrama de la arquitectura general del sistema integrado móvil-cloud-IoT.....	25
Figura 3.2 Flujo del proceso.....	27
Figura 3.3 Dashboard Central.....	28
Figura 3.4 Catálogo.....	28
Figura 3.5 Administración de usuarios.....	29
Figura 3.6 Solicitudes.....	29
Figura 3.7 Prestamos realizados.....	30
Figura 3.8 Ejemplo de proceso de escaneo de código QR.....	31
Figura 3.9 Proceso de validación por escaneo.....	31
Figura 3.10 Visualización de cambio de estado.....	32
Figura 4.1 Comprobante pdf.....	35
Figura 4.2 Encuesta realizada.....	38
Figura 4.3 Comparación entre evaluadores.....	38
Figura 4.4 Resultados por pregunta.....	39
Figura A.1	46
Figura A.2.....	47
Figura A.3.....	47
Figura B.1.....	48
Figura B.2.....	48
Figura B.3.....	49
Figura B.4.....	49
Figura B.5.....	49
Figura C.1.....	50
Figura C.2.....	50
Figura C.3.....	51

Capítulo 1

1.1. Introducción

En los entornos universitarios, la administración de equipos, materiales y dispositivos tecnológicos desempeña un papel fundamental en el desarrollo de prácticas académicas y proyectos de investigación. Sin embargo, múltiples instituciones de educación superior continúan gestionando estos recursos mediante procesos manuales o sistemas aislados que no garantizan trazabilidad, seguridad ni disponibilidad oportuna de la información relacionada con los préstamos e inventario.

Esta situación provoca retrasos en la atención, errores en los registros, extravío de activos y una baja eficiencia operativa en los departamentos responsables del control de estos recursos.

En la mayoría de las universidades, la gestión de préstamos de equipos se realiza mediante sistemas digitales básicos que permiten registrar la entrega y devolución de materiales, consultar disponibilidad y generar reportes simples; sin embargo, estos sistemas suelen carecer de trazabilidad en tiempo real, no integran tecnologías de identificación sin contacto y dependen en gran medida de la intervención del personal administrativo, lo que deriva en procesos lentos, registros incompletos y dificultades para obtener información actualizada sobre el uso y estado de los activos.

Los laboratorios y departamentos académicos administran una amplia variedad de equipos, suministros e insumos, tales como microcontroladores, sensores, drones, proyectores, dispositivos móviles, resistencias, y otros componentes electrónicos que son utilizados principalmente por profesores y estudiantes.

En este contexto, los procesos de préstamo se realizan de forma digital pero no automatizada, requiriendo un tiempo considerable para el registro, validación y respaldo documental de cada transacción. Estas limitaciones impactan negativamente en la eficiencia operativa y en la correcta gestión de los recursos disponibles.

Ante esta problemática, se propone desarrollar un sistema digital integrado que permita gestionar de manera eficiente los préstamos e inventarios mediante tecnologías móviles y de identificación sin contacto. Esta solución busca facilitar el registro en tiempo real, la validación de usuarios y la asociación de equipos, mejorando la trazabilidad de los activos, reduciendo los tiempos de atención y garantizando registros más confiables.

En este marco, el presente proyecto se orienta a analizar y abordar las deficiencias existentes en la gestión de préstamos e inventarios, estableciendo de manera clara el problema central que motiva su desarrollo. A partir de esta introducción, en la siguiente sección se describe de forma detallada la problemática identificada, sus causas y las implicaciones que justifican la necesidad de una solución tecnológica integrada.

1.2. Descripción del problema

En los entornos universitarios, particularmente en laboratorios y departamentos académicos que administran equipos y materiales tecnológicos, la gestión de préstamos e inventarios constituye un proceso crítico para el desarrollo de actividades académicas y de investigación. No obstante, en muchos de estos espacios, el control de dichos recursos se realiza mediante registros manuales o sistemas digitales básicos que carecen de automatización, trazabilidad en tiempo real y mecanismos de validación tecnológica de activos y usuarios.

El uso de procesos manuales o semi-digitales para el registro de préstamos y devoluciones incrementa la probabilidad de errores en la información registrada, comprometiendo la confiabilidad de los datos y afectando el control adecuado de los recursos.

La ausencia de un sistema que permita identificar y rastrear los activos de manera automática limita la capacidad de seguimiento, derivando en extravíos, pérdidas de equipos y discrepancias entre el inventario físico y el registrado.

La falta de información actualizada en tiempo real entorpece la supervisión eficiente de los recursos. El personal encargado del control de préstamos invierte un tiempo considerable en tareas administrativas, como la verificación de usuarios, la validación de disponibilidad y la generación de constancias físicas, reduciendo la eficiencia operativa y retrasando la atención a docentes y estudiantes.

El problema central radica en la inexistencia de un sistema digital integrado que permita gestionar de forma automatizada, segura y confiable los préstamos e inventarios de equipos tecnológicos, incorporando mecanismos de identificación sin contacto y actualización de la información.

La falta de una solución con estas características impacta negativamente en la eficiencia operativa, la seguridad de los activos y la calidad de la gestión administrativa en los laboratorios universitarios, evidenciando la necesidad de una alternativa tecnológica que responda a estas limitaciones.

1.3. Justificación del problema

El control eficiente de los préstamos e inventarios constituye una necesidad fundamental en los entornos universitarios, dado que la precisión y la disponibilidad de la información influyen directamente en la eficiencia operativa de los laboratorios y departamentos académicos.

La permanencia de sistemas manuales o con bajo nivel de automatización limita la capacidad institucional para gestionar adecuadamente sus recursos tecnológicos y atender de manera oportuna las demandas académicas, afectando el uso óptimo de los activos disponibles.

La incorporación de tecnologías sin contacto como RFID y NFC, integradas con soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT), constituye una alternativa superior frente a los métodos tradicionales de gestión de préstamos e inventarios.

Estas tecnologías permiten automatizar la identificación, el registro y el seguimiento de activos en tiempo real, fortaleciendo la confiabilidad de la información, mecanismos de control y seguridad sobre los bienes institucionales.

La implementación de una aplicación móvil integrada para el registro y seguimiento de préstamos e inventarios reduce la carga operativa del personal administrativo y optimiza la gestión de los recursos tecnológicos.

La digitalización del proceso facilita la centralización de la información, mejora la trazabilidad de los activos y permite un control más eficiente de los equipos y materiales utilizados por docentes y estudiantes.

Desde el ámbito institucional y académico, la integración de tecnologías emergentes en los procesos de control y monitoreo impulsa la modernización de la gestión administrativa y fortalece una cultura de innovación tecnológica.

La generación de información centralizada y reportes confiables respalda la supervisión en los activos y proporciona una base técnica para la toma de decisiones informadas sobre su uso y disponibilidad.

Por lo expuesto, el desarrollo del presente proyecto se justifica como una solución integral orientada a mejorar la operatividad, la seguridad y la eficiencia en la gestión de préstamos e inventarios dentro del contexto universitario.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil integrada que digitalice el registro, control y seguimiento de préstamos e inventarios mediante tecnologías sin contacto e IoT.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Administrar préstamos y devoluciones de activos mediante la app móvil en tiempo real, asegurando la trazabilidad y seguridad de la información.
- Integrar tecnologías sin contacto e IoT para identificar y monitorear automáticamente los componentes, herramientas, recursos de laboratorio, garantizando trazabilidad, control de estado y ubicación del inventario.
- Desarrollar un panel de gestión centralizado que permita supervisar inventarios, administrar usuarios y generar reportes confiables y eficientes.

1.5. Alcance

1.5.1. Alcance general del proyecto

El proyecto comprende el desarrollo de un sistema integrado para la automatización y el control de préstamos e inventarios en un laboratorio piloto de la ESPOL. El sistema constará de una aplicación móvil y un panel de gestión web, interconectados mediante una infraestructura en la nube.

1.5.2. Naturaleza de la Automatización

Para evitar ambigüedades, se precisa qué procesos serán automatizados y cuáles requerirán intervención del usuario:

Procesos automatizados:

La identificación de ítems, la consulta en tiempo real de su estado en la base de datos, la validación de reglas de negocio (disponibilidad, usuario habilitado), la generación automática de comprobantes digitales estará disponibles solo en formato PDF, el envío automático de alertas por correo electrónico asociados a los solicitantes y la actualización del inventario, siempre que exista una transacción confirmada.

Procesos con Intervención Manual:

La solicitud inicial del préstamo deberá ser gestionada parte del usuario final (docente), la aprobación o rechazo de dicha solicitud la realizará solo el administrador del sistema.

1.5.3. Ámbito de Validación

Las pruebas se realizarán únicamente en el laboratorio de prototipado del CTI ESPOL. Problemas relacionados con la escalabilidad y usabilidad en otros contextos no serán considerados dentro del alcance del presente proyecto.

1.5.4. Alcance Funcional de la Aplicación Móvil

La aplicación para Android solo ejecutará las siguientes funcionalidades:

1. Solicitar Préstamos: Escanear un ítem y enviar una solicitud de préstamo para su aprobación.
2. Registrar Devoluciones: Escanear un ítem prestado para registrar su devolución, actualizando automáticamente el inventario.
3. Consultar: Visualizar la disponibilidad en tiempo real del inventario y el historial personal de préstamos.

Nota: La aprobación de las solicitudes, la gestión de sanciones por retrasos y la administración de usuarios y catálogos son funciones reservadas exclusivamente al Panel de Gestión Web.

1.6. Limitaciones

1.6.1. Límites del Proyecto (Fuera del Alcance)

Quedan excluidos: la implementación institucional a gran escala, el desarrollo de una versión para iOS, la integración con sistemas ERP externos, y el desarrollo de módulos de sensores más allá del prototipo descrito.

1.6.2. Limitaciones Técnicas y Operativas

Distribución de la Aplicación Móvil:

La distribución vía APK (fuera de Google Play) puede complicar la instalación y actualización para usuarios no técnicos. Impacta: La adopción y usabilidad general del sistema (Objetivo Específico 1).

Conectividad y Disponibilidad:

El sistema solo funcionará con una conexión inalámbrica a Internet de área local (Wi-Fi). El panel web solo se desplegará en una red interna. Impacta: La disponibilidad y actualización en "tiempo real" si la red falla (Objetivos 1 y 2).

1.6.3. Limitaciones Logísticas y Presupuestarias

Dependencia de Hardware: La implementación depende de la adquisición de etiquetas y lectores NFC. La disponibilidad y el costo de estos pueden condicionar el alcance de este proyecto. Impacta principal: El ritmo de desarrollo y la integración completa de las tecnologías sin contacto.

1.7. Estado del Arte

La gestión automatizada de activos mediante tecnologías de identificación sin contacto (RFID/NFC) e IoT ha sido ampliamente explorada. Esta revisión analiza trabajos representativos para identificar tendencias y vacíos que justifican el desarrollo del presente proyecto.

En el ámbito logístico-industrial, trabajos como el de Tan y Sidhu (2022) y Romero Ortega (2023) evidencian madurez de la integración RFID-IoT para trazabilidad y control automático de inventario en cadenas de suministro y bodegas, con arquitecturas que incorporan *edge computing*. Si bien son robustos, su enfoque es industrial y no aborda las dinámicas propias de un entorno académico, donde los usuarios son recurrentes y los ciclos de préstamo son cortos y masivos.

En contextos académicos y bibliotecarios, se registran aproximaciones como la de Soto y Trujillo (2021) para un laboratorio móvil, y Huarcaya (2024) para una biblioteca universitaria. Estos trabajos validan el uso de RFID para mejorar el control, pero sus sistemas suelen estar centrados en la consulta más que en un flujo completo de préstamo digital integrado. Comúnmente, carecen de: (1) una capa móvil nativa para el usuario final que permita autoservicio, (2) un panel de administración web moderno y centralizado, y (3) la integración con servicios en la nube para sincronización y escalabilidad.

Vacío Identificado: La literatura consultada revela una fragmentación. Existen desarrollos industriales robustos no adaptados al ámbito universitario y propuestas académicas que digitalizan solo partes del proceso. No se evidencia un sistema híbrido que combine una app móvil nativa para autoservicio, un panel web administrativo integral y una plataforma en la nube moderna para la gestión de préstamos e inventarios (Backend-as-a-Service). Este proyecto busca llenar ese vacío, proponiendo una arquitectura integrada y accesible para la gestión ágil de recursos en laboratorios universitarios.

1.8. Marco Teórico

1.8.1. Paradigma Tecnológico Central: Integración Movil-Cloud-IoT

El sistema se fundamenta en la convergencia de tres ejes principales:

- a) Dispositivos móviles como interfaz ubicua para la interacción del usuario
- b) Plataformas en la nube como núcleo de procesamiento centralizado y ejecución de la lógica del sistema.
- c) tecnologías de identificación sin contacto como mecanismo de integración entre el activo físico y su representación digital.

Esta integración permite automatizar el registro, control y disponibilidad de la información asociada a los préstamos e inventarios, garantizando trazabilidad y acceso en tiempo real.

Cloud Native

Cloud Native es un enfoque de diseño y desarrollo de aplicaciones creadas específicamente para ejecutarse en la nube, aprovechando características como la escalabilidad, elasticidad y automatización (Amazon Web Services, Inc., s. f.).

1.8.2. Tecnologías de Identificación y su Rol

- **NFC:**

Tecnología de comunicación inalámbrica de cortísimo alcance (<10 cm). Su uso sobre RFID se justifica por la integración nativa en smartphones Android, lo que elimina la necesidad de hardware lector adicional y garantiza una interacción intencional y controlada por parte del usuario.

- **Códigos QR:**

Sistema de codificación visual bidimensional. Se adopta como tecnología complementaria y de respaldo debido a su bajo costo y amplia adopción. Su implementación mediante la librería ZXing proporciona flexibilidad, permitiendo que cualquier cámara de smartphone funcione como lector (ZXing, 2023).

1.8.3. Plataforma de Desarrollo y su Justificación

- **Frontend Movil (Kotlin/Jetpack Compose):**

Se elige el desarrollo nativo sobre alternativas híbridas para maximizar el rendimiento en la interacción con hardware (NFC, cámara) y ofrecer una experiencia de usuario fluida, alineada con los estándares de Android (JetBrains, 2023; Google a, 2023).

- **Frontend Web (Next.js/React/TypeScript):**

Next.js se selecciona por su capacidad de renderizado híbrido (SSR/SSG), ideal para un panel de control que requiere rapidez inicial y contenido dinámico. TypeScript introduce tipado estático para reducir errores en una lógica de negocio compleja (Vercel, 2023; Meta Platforms, 2023).

- **Tailwind CSS:**

Framework de estilos basado en utilidades que permite construir interfaces web mediante clases predefinidas directamente en el marcado HTML. Su enfoque modular favorece consistencia visual, desarrollo ágil y diseño responsivo en aplicaciones modernas (Tailwind Labs, 2023).

- **Backend-as-a-Service (Firebase):**

Firebase se adopta como infraestructura integrada. Proporcionando servicios integrados que abstraen la complejidad de la infraestructura, permitiendo concentrar esfuerzos en la lógica específica del dominio (gestión de préstamos) y

facilitando la sincronización en tiempo real nativa entre la app y el panel web (Google b, 2023).

1. Firebase Authentication (Auth):

Servicio de gestión de identidad que permite autenticar usuarios mediante distintos métodos (correo electrónico, proveedores externos) y controlar el acceso a recursos mediante reglas de seguridad integradas. Facilita la administración centralizada de sesiones y permisos en aplicaciones móviles y web (Google, 2023a).

2. Cloud Firestore:

Base de datos NoSQL en la nube orientada a documentos, diseñada para sincronización en tiempo real entre clientes y servidor. Permite almacenar información estructurada de forma escalable y garantizar consistencia en aplicaciones distribuidas (Google, 2023b).

3. Cloud Functions:

Servicio de ejecución de funciones backend bajo un modelo serverless, que permite ejecutar lógica personalizada en respuesta a eventos del sistema, sin necesidad de administrar servidores propios. Se utiliza para automatizar procesos y gestionar tareas asincrónicas (Google, 2023c).

4. Firebase Cloud Storage:

Servicio de almacenamiento en la nube que permite guardar archivos estructurados y no estructurados de forma segura, escalable y accesible mediante reglas de seguridad integradas. Está diseñado para integrarse con aplicaciones móviles y web, facilitando la carga, descarga y gestión de archivos generados dinámicamente, como documentos PDF o evidencias digitales (Google, 2023d).

- **Generación de Documentos (iText7/jsPDF):**

La elección de librerías específicas por plataforma (**iText7** para Android, **jsPDF** para web) responde a la optimización del rendimiento y la compatibilidad en cada entorno, asegurando la generación fiable de comprobantes y reportes, un pilar para la trazabilidad documental (iText Group, 2023; jsPDF, 2023).

1.8.4. Metodología Design Thinking

La metodología Design Thinking es un enfoque centrado en el usuario para resolver problemas complejos mediante la comprensión profunda de las necesidades reales, la generación de ideas y la validación temprana de soluciones. Se caracteriza por un proceso iterativo que ayuda a diseñar soluciones deseables, factibles y viables en su contexto de aplicación (Liedtka, 2018).

Su carácter iterativo permite refinar continuamente la propuesta, incorporando retroalimentación y asegurando que cada funcionalidad aporte valor tangible, transformando así la gestión de recursos hacia un modelo más eficiente, transparente y confiable.

1.8.5. Arquitectura Monolítica

La arquitectura monolítica es un modelo de diseño de software en el que todas las funcionalidades del sistema —incluyendo la interfaz, la lógica de negocio y el acceso a datos— se integran y despliegan como una única unidad estructural. En este enfoque, los módulos internos comparten un mismo entorno de ejecución y un núcleo centralizado de procesamiento, lo que facilita la coherencia transaccional, la gestión unificada de dependencias y la consistencia de los datos. Este modelo resulta adecuado para sistemas de tamaño pequeño o mediano, donde se prioriza la simplicidad estructural, el control centralizado y la facilidad de mantenimiento (Newman, 2021).

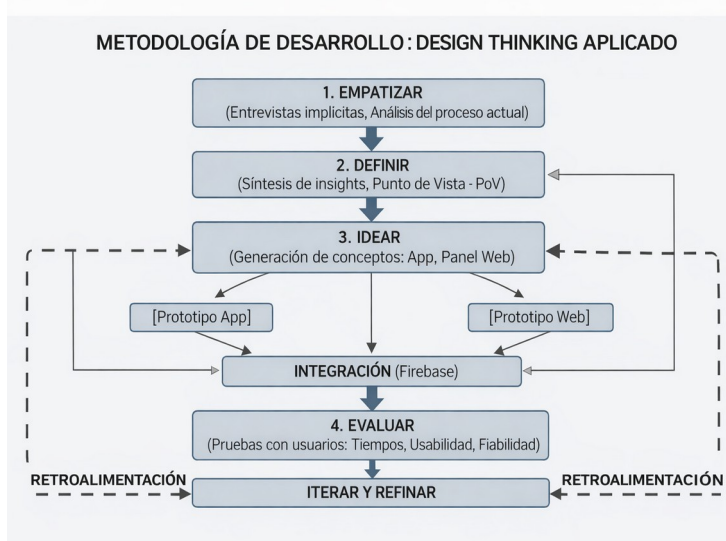
Capítulo 2

2.1. Enfoque Metodológico

El desarrollo del sistema de gestión de préstamos e inventarios, fundamentado en tecnologías de identificación sin contacto, requiere un enfoque que trascienda lo puramente técnico. Para asegurar que la solución sea verdaderamente útil y adoptable, se empleó la metodología Design Thinking que guía el diseño de una solución que sea deseable para los usuarios finales (estudiantes, docentes, administradores), factible desde el punto de vista tecnológico y viable dentro del contexto institucional y fue adaptada al contexto del presente proyecto, considerando las fases que se muestran en la figura 2.1.

Figura 2.1 Metodología Design Thinking aplicada al desarrollo del sistema

Nota: Elaboración propia



2.2. Fases del Design Thinking Aplicadas

2.2.1. Fase 1: Empatizar

El objetivo de esta fase fue comprender el contexto de los usuarios en el proceso de préstamo de equipos, identificando sus experiencias y principales necesidades durante la ejecución del trámite.

Se identificó un tiempo promedio de atención manual de aproximadamente 15 minutos por solicitud; dependencia de registros físicos y, la ausencia de información actualizada en tiempo real sobre la disponibilidad de cada ítem.

Se definieron perfiles de usuario y sus principales puntos de conflicto, permitiendo sintetizar los puntos clave que orientan el diseño de la solución propuesta que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Actores, roles y puntos de conflicto

Nota: Elaboración propia

Actor	Necesidad Principal	Puntos de Dolor (Problemas Actuales)	Solución Requerida
Estudiante/Docente	Solicitar y utilizar equipos para actividades académicas y de investigación.	Tiempos de espera percibidos como excesivos, falta de claridad sobre la disponibilidad del equipo, procesos de solicitud manuales y lentos.	Se requiere una plataforma de autoservicio (web/móvil) que ofrezca transparencia total (stock, estado) y agilidad en la reserva/solicitud.
Personal Administrativo (Secretaría/Recepción)	Gestionar, coordinar y dar respuesta efectiva a las solicitudes de recursos.	Duplicidad o pérdida de información en registros manuales, errores de transcripción, dificultad para rastrear la ubicación actual de los activos, alta carga operativa.	Necesitan un Sistema de Gestión Centralizado que automatice el flujo de trabajo, minimice errores y proporcione control en tiempo real de las solicitudes y préstamos.
Responsable de Inventario/Patrimonio	Mantener la integridad del inventario, asegurar la disponibilidad y garantizar la trazabilidad de los activos institucionales.	Inventarios con desfases y desactualizados, ausencia de un historial de uso confiable por equipo, complejidad en la generación de reportes para auditoría.	Requieren herramientas de monitoreo automatizado (e.g., códigos QR, RFID) e información precisa para la auditoría (trazabilidad completa)

2.2.2. Fase 2: Definir

La tabla 2.2 describe un escenario de gestión tecnológica en un laboratorio universitario. Identifica primero a los usuarios, que incluyen personal administrativo, docentes y estudiantes responsables de solicitar y gestionar equipos. Luego define la necesidad principal, que es implementar un sistema digital automatizado accesible desde web y móvil para controlar inventarios y préstamos. Finalmente presenta la problemática, señalando que los procesos manuales actuales generan errores, pérdidas de activos, duplicación de registros y demoras operativas.

Tabla 2.2 Declaración del problema (PoV)

Nota: Elaboración propia

Elemento	Descripción
Usuarios	Personal administrativo, estudiantes y profesores del laboratorio universitario que gestionan y solicitan equipos tecnológicos.
Necesidad Principal	Implementar un sistema digital, automatizado e integrado, accesible vía web y móvil, para la gestión eficiente de préstamos e inventarios.
Problemática/Justificación	Los procesos manuales y semi digitalizados actuales causan: errores, pérdida de activos, duplicidad de registros, tiempos de espera elevados y falta de información confiable en tiempo real. Esto compromete la eficiencia operativa, la trazabilidad y el control de los recursos institucionales.

2.2.3. Fase 3: Idear

La tabla 2.3 presenta un conjunto de ideas de solución tecnológicas para optimizar la gestión de préstamos e inventarios. Incluye una aplicación móvil con acceso a sensores de tipo NFC y lector QR para registrar transacciones rápidas, un panel web centralizado para administración y reportes, y autenticación mediante Gmail para controlar el acceso seguro.

Además, propone comprobantes digitales automáticos en PDF que reemplazan documentos físicos y fortalecen la trazabilidad, junto con un sistema de notificaciones que envía recordatorios y alertas para reducir retrasos en devoluciones.

Cada iniciativa se vincula a objetivos específicos y beneficios operativos, como mayor eficiencia, seguridad, descentralización de procesos, mejor experiencia del usuario y apoyo directo a la toma de decisiones basada en información actualizada.

Tabla 2.3 Ideación de soluciones y alineación con objetivos

Nota: Elaboración propia

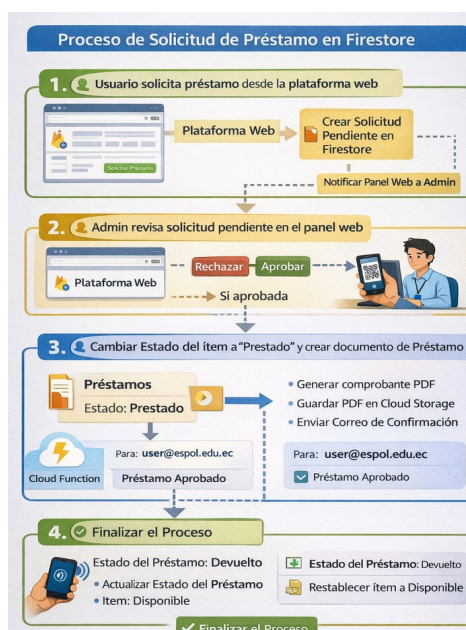
No.	Idea de Solución	Descripción / Propósito	Objetivo Específico	Beneficios Clave
1	App móvil con lectura NFC/QR	Permite a usuarios identificar ítems al instante y registrar préstamos/devoluciones de forma ágil, sin intervención administrativa directa.	OE1	Agilidad en transacciones, descentralización, mejora la experiencia del usuario.
2	Panel web de administración central	Interfaz única para gestionar usuarios, catálogo, aprobar/rechazar solicitudes, visualizar inventario y generar reportes.	OE3	Control centralizado, gestión eficiente del inventario, soporte a la toma de decisiones.
3	Autenticación con correo Gmail	Restringe el acceso al sistema a usuarios con credenciales de correo Gmail, garantizando seguridad y un entorno controlado.	OE1	Seguridad de acceso, cumplimiento de políticas, entorno de uso controlado.

4	Comprobantes digitales PDF automáticos	Reemplaza el comprobante físico. Se genera y almacena automáticamente tras cada transacción, mejorando la trazabilidad documental.	OE1	Reducción del uso de papel, mejora la trazabilidad documental, almacenamiento seguro y accesible.
5	Sistema de notificaciones automáticas	Envía recordatorios de vencimiento de préstamos a usuarios y alertas a administradores, reduciendo morosidad y activos retenidos.	OE1	Reducción de la morosidad, mejora la disponibilidad de activos, comunicación proactiva.

Se definió el flujo conceptual del proceso de solicitud de préstamo, con el fin de establecer un modelo claro de interacción entre usuarios y administradores. El proceso inicia cuando el solicitante registra una solicitud desde la plataforma web, lo que genera una notificación visible en el panel administrativo.

Figura 2.2 Proceso de solicitud

Nota: Elaboración propia



El administrador revisa la solicitud y puede aprobarla o rechazarla. Si la aprueba, el sistema marca el ítem como “Prestado”, registra el préstamo, genera el comprobante en PDF y notifica al usuario. Al momento de la devolución, el recurso se escanea mediante la aplicación móvil, se actualiza el estado a “Devuelto” y el ítem vuelve a estar “Disponible”.

Para garantizar coherencia en el diseño de la solución, se definió en la tabla 2.4 un modelo de estados que describe el ciclo de vida de un préstamo. Esta definición permitió anticipar escenarios operativos y establecer reglas claras de transición entre estados.

Tabla 2.4 Modelo de estados

Nota: Elaboración propia

Estado	Descripción
Pendiente	La solicitud ha sido creada por el usuario y se encuentra en espera de la revisión y aprobación administrativa.
Aprobada	Un administrador ha aceptado la solicitud de préstamo. El ítem pasa a estar marcado como " Prestado ".
Rechazada	Un administrador ha denegado la solicitud. El ítem mantiene su estado de " Disponible ".
Devuelto	El ítem ha sido registrado de vuelta en el sistema (por ejemplo, mediante escaneo). El préstamo se da por finalizado y el ítem regresa al estado de " Disponible ".

2.2.4. Fase 4: Prototipar

En esta fase se desarrollaron prototipos de media fidelidad para validar los flujos funcionales principales de la aplicación móvil y la plataforma web, antes de su implementación completa. Los prototipos permitieron verificar el comportamiento esperado del sistema y servir como base para la evaluación posterior.

La Tabla 2.5 resume los prototipos desarrollados y el alcance funcional validado en cada uno, los cuales se presentan mediante los mockups correspondientes:

Tabla 2.5 Prototipos desarrollados y su alcance

Nota: Elaboración propia

Nº	Prototipo	Plataforma	Funcionalidad Validada	Figura
1	Pantalla de ingreso	App Móvil	Autenticación de usuarios y acceso al sistema.	Fig. 2.2
2	Validación de préstamos	App móvil	Escaneo QR/NFC, consulta de estado y confirmación de operación	Fig. 2.3
3	Pantalla de ingreso	Plataforma web	Autenticación de administradores	Fig. 2.4
4	Dashboard	Plataforma web	Visualización de métricas y solicitudes recientes	Fig. 2.5
5	Catálogo Inventario /	Plataforma web	Consulta, búsqueda y gestión de activos	Fig. 2.6
6	Generación de comprobante de préstamo (PDF)	Web / App móvil	Generación automática del comprobante de préstamo con datos del solicitante, detalle de ítems prestados y espacios para firmas del solicitante y administrador	Fig. 2.7

A continuación, se presentan los mockups correspondientes a los prototipos desarrollados, los cuales representan las principales interfaces de la aplicación móvil y de la plataforma web.

La Figura 2.3 presenta el mockup de la pantalla de ingreso de la aplicación móvil, diseñado para validar el flujo de autenticación y acceso al sistema.

Figura 2.3 Mockup del ingreso de la app móvil

Nota: Elaboración propia



La Figura 2.4 muestra el mockup de la pantalla de validación de préstamos de la aplicación móvil, donde se representa el proceso de escaneo mediante código QR o NFC y la confirmación de las operaciones de entrega y devolución.

Figura 2.4 Mockup de la pantalla de validación de préstamos de la app móvil

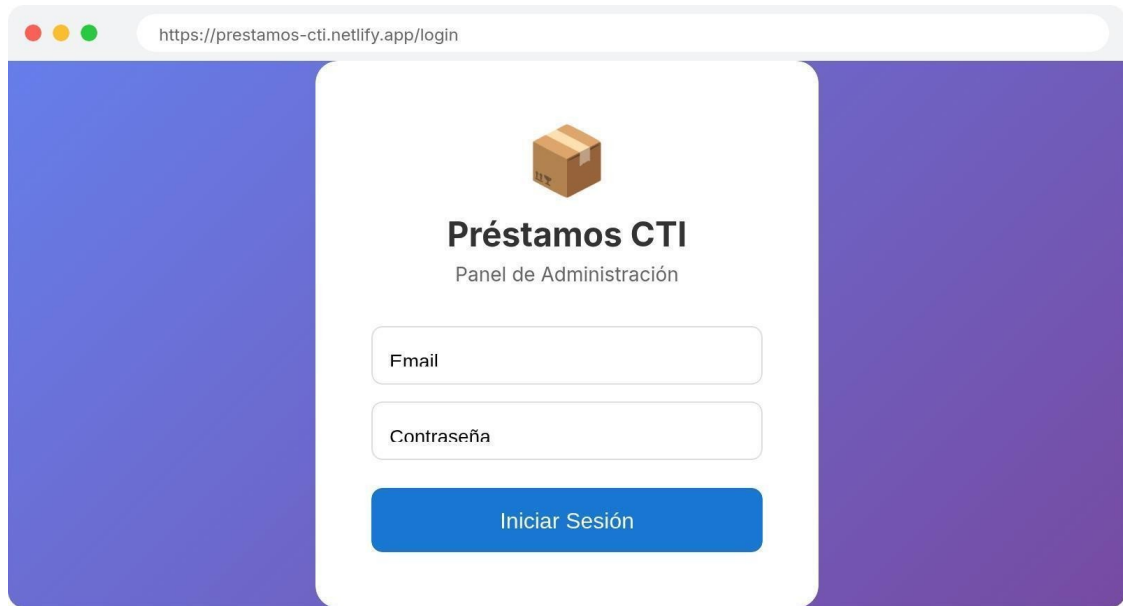
Nota: Elaboración propia



La Figura 2.5 corresponde al mockup de la pantalla de ingreso a la plataforma web, orientada al acceso de los usuarios con rol administrativo.

Figura 2.5 Mockup de la pantalla de ingreso a la plataforma web

Nota: Elaboración propia



La Figura 2.6 muestra el mockup del Dashboard de la plataforma web, el cual permite validar la visualización general del estado del sistema y las solicitudes recientes.

Figura 2.6 Mockup del Dashboard de la plataforma web

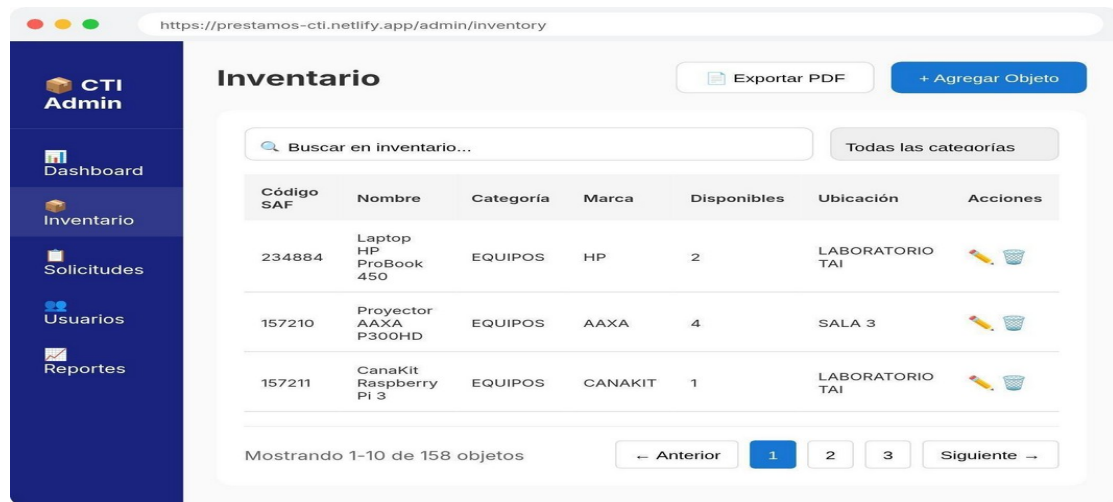
Nota: Elaboración propia



La Figura 2.7 presenta el mockup de la vista de Catálogo e Inventario, diseñada para validar las funciones de consulta, búsqueda y gestión de activos.

Figura 2.7 Mockup de la vista del Catálogo/Inventario

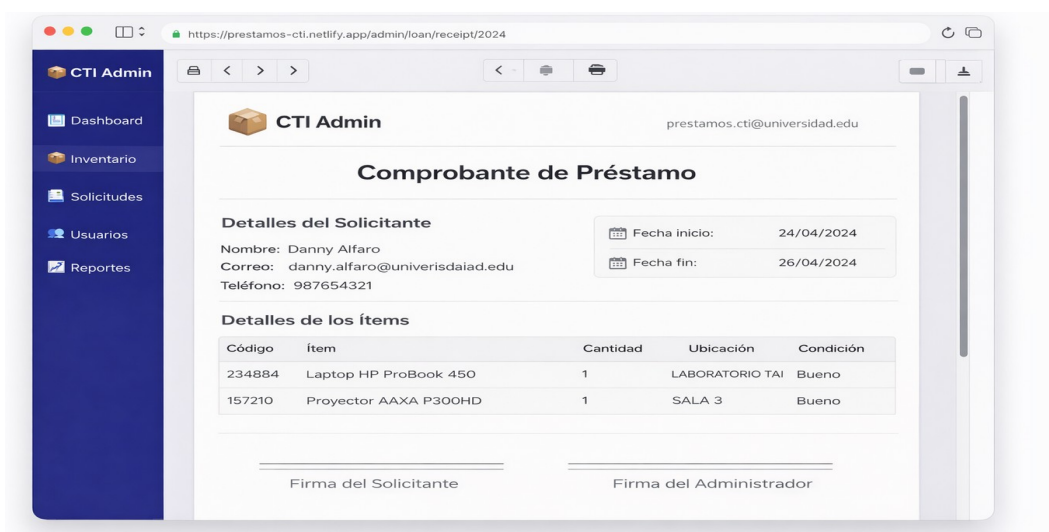
Nota: Elaboración propia



La Figura 2.8 muestra el mockup del comprobante de préstamo generado en formato PDF, el cual consolida la información del solicitante, el detalle de los ítems prestados y los espacios destinados para las firmas de conformidad.

Figura 2.8 Mockup del PDF generado

Nota: Elaboración propia



2.2.5. Fase 5: Evaluar (Testear)

Esta fase se centró en la validación de los prototipos con los usuarios finales, estableciendo criterios métricos para determinar la viabilidad de la solución conceptual. Las pruebas se llevaron a cabo en un entorno controlado con una muestra representativa de personal administrativo y usuarios académicos, permitiendo identificar puntos de mejora en la interacción y validar la eficiencia de los flujos de préstamo e inventario propuestos.

Criterios e Indicadores de Evaluación

Se definieron criterios de evaluación cuantificables, alineados directamente con cada uno de los Objetivos Específicos del proyecto. Para cada objetivo se estableció un único indicador medible, permitiendo evaluar de manera objetiva el desempeño del sistema antes de su implementación definitiva.

1. Objetivo Específico 1 (OE1): Optimizar el proceso de préstamo y devolución

Criterio de Evaluación: Eficiencia operativa del proceso de préstamo y devolución.

Indicador: Reducción porcentual del tiempo de transacción.

$$E = \frac{T_{manual} - T_{sistema}}{T_{manual}} \times 100$$

Donde:

- T_{manual} : Tiempo promedio del proceso de préstamo realizado mediante el método manual.
- $T_{sistema}$: Tiempo promedio del proceso de préstamo utilizando el sistema propuesto.

Propósito del indicador: Medir el impacto del sistema en la disminución del tiempo requerido para completar una transacción.

2. Objetivo Específico 2 (OE2): Mejorar la trazabilidad del inventario mediante identificación automática

Criterio de Evaluación: Confiabilidad en la identificación automática de los activos.

Indicador: Precisión de identificación de ítems.

$$P = \frac{N_{lecturascorrectas}}{N_{intentos}} \times 100$$

Donde:

- $N_{lecturascorrectas}$: Número de lecturas exitosas mediante tecnologías sin contacto (NFC/QR).
- $N_{intentos}$: Número total de intentos de lectura realizados.

Propósito del indicador: Evaluar la confiabilidad del mecanismo de identificación automática y su aporte a la trazabilidad del inventario.

3. Objetivo Específico 3 (OE3): Facilitar la gestión administrativa centralizada

Criterio de Evaluación: Facilidad de uso del sistema administrativo.

Indicador: Usabilidad percibida del sistema.

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

- P_i : Puntuación otorgada por cada usuario evaluador en un cuestionario de usabilidad.
- n : Número total de usuarios participantes en la evaluación.

Propósito del indicador: Medir el grado de aceptación y facilidad de uso del sistema desde la perspectiva del usuario administrativo.

Capítulo 3

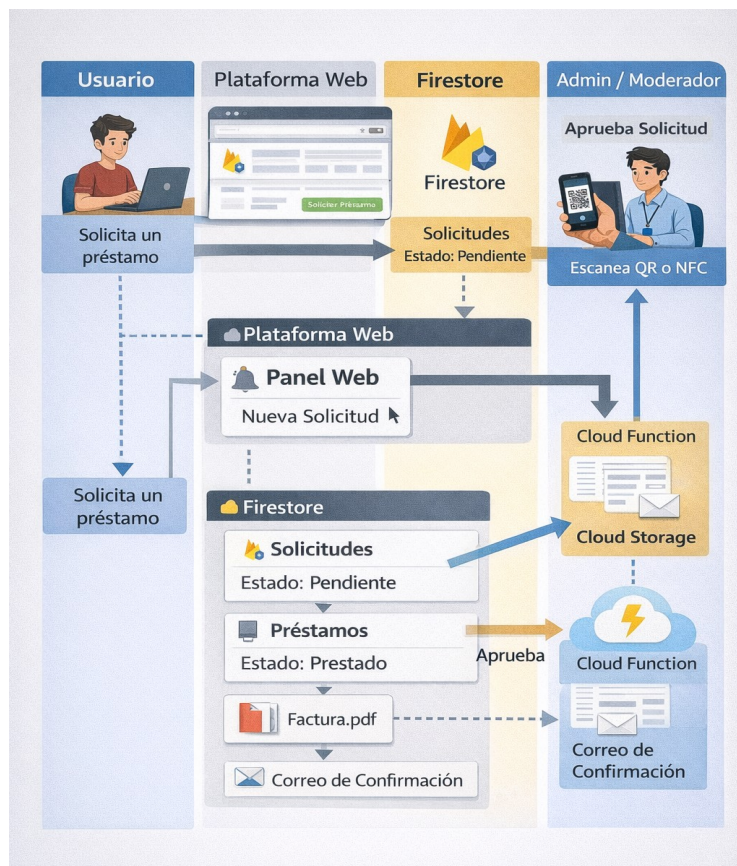
A continuación, se describe la arquitectura, los componentes y los flujos operativos del sistema desarrollado para la automatización de préstamos e inventarios. La solución adopta un enfoque monolítico, donde la lógica de negocio, el procesamiento y el almacenamiento de datos se gestionan desde un núcleo centralizado, integrando la plataforma web y la aplicación móvil dentro de una misma estructura arquitectónica.

3.1. Arquitectura General del Sistema

La arquitectura del sistema adopta un enfoque monolítico, donde las funcionalidades principales se concentran en un núcleo central que gestiona la lógica de negocio y el acceso a datos. La solución integra la plataforma web y la aplicación móvil como puntos de acceso a una misma estructura centralizada de procesamiento y almacenamiento.

Figura 3.1 Diagrama de la arquitectura general del sistema integrado móvil-cloud-IoT

Nota: Elaboración propia



Como se muestra en la Figura 3.1, el sistema se organiza en cuatro componentes principales: clientes, plataforma web, núcleo backend y almacenamiento. El usuario genera solicitudes desde la web, las cuales se registran en la base de datos. El administrador o moderador las revisa y valida mediante la aplicación móvil utilizando QR o NFC. Todas las acciones interactúan con el mismo repositorio de datos, garantizando coherencia en los estados del sistema.

El núcleo monolítico gestiona la actualización de estados, el registro de préstamos, la generación de comprobantes digitales y la notificación correspondiente. Los documentos generados se almacenan en la nube para asegurar trazabilidad y consulta posterior, manteniendo una estructura centralizada y controlada.

3.2. Componentes del Sistema

3.2.1. Aplicación Móvil Android

Se desarrolló una aplicación nativa para Android utilizando Kotlin y el moderno toolkit Jetpack Compose. Su diseño promueve un código mantenible y separa claramente la lógica de negocio de la interfaz de usuario.

Como medio de autenticación de credenciales, se utiliza Firebase Authentication, la cual restringe el ingreso, permitiendo únicamente ingresar mediante una cuenta de google. Una vez iniciada la sesión, el usuario puede llevar a cabo la validación de préstamos de dos maneras distintas: usando la tecnología NFC del teléfono para leer etiquetas de proximidad, o escaneando códigos QR con la ayuda de ZXing.

El núcleo de su funcionamiento se encuentra en la gestión de transacciones. Al realizar el escaneo de un objeto, se lleva a cabo una consulta en tiempo real a Cloud Firestore obteniendo como respuesta su estado actual. Si el dispositivo está disponible, el usuario puede generar una solicitud de préstamo; en caso de ya estar prestado a su nombre, puede registrar su devolución.

Figura 3.2 Flujo del proceso

Nota: Elaboración propia



Cada acción confirma la transacción y actualiza instantáneamente el estado en la base de datos. Como evidencia digital, tras una transacción exitosa, la aplicación emplea la biblioteca iText7 para generar automáticamente un comprobante en formato PDF, que se almacena en Firebase Cloud Storage y cuyo enlace queda registrado para su posterior consulta.

3.2.3. Panel de Gestión Web

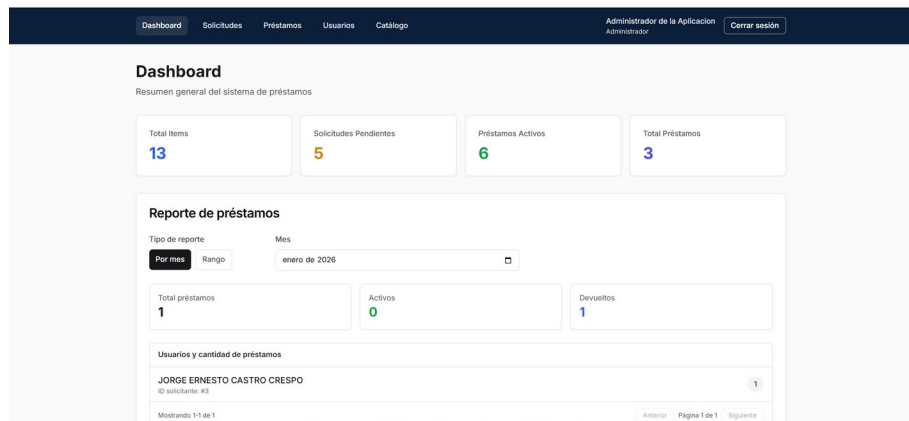
El centro de control administrativo es un panel web desarrollado con el framework Next.js, utilizando React con TypeScript para una base de código tipada y menos propensa a errores. La interfaz se estilizó con Tailwind CSS, lo que permitió crear una experiencia de usuario limpia y responsiva.

El panel está organizado en módulos funcionales:

En la figura 3.3 se aprecia módulo de visualización o dashboard central, ofrece una vista resumen con métricas clave, como el número de préstamos activos o los ítems más solicitados.

Figura 3.3 Dashboard Central

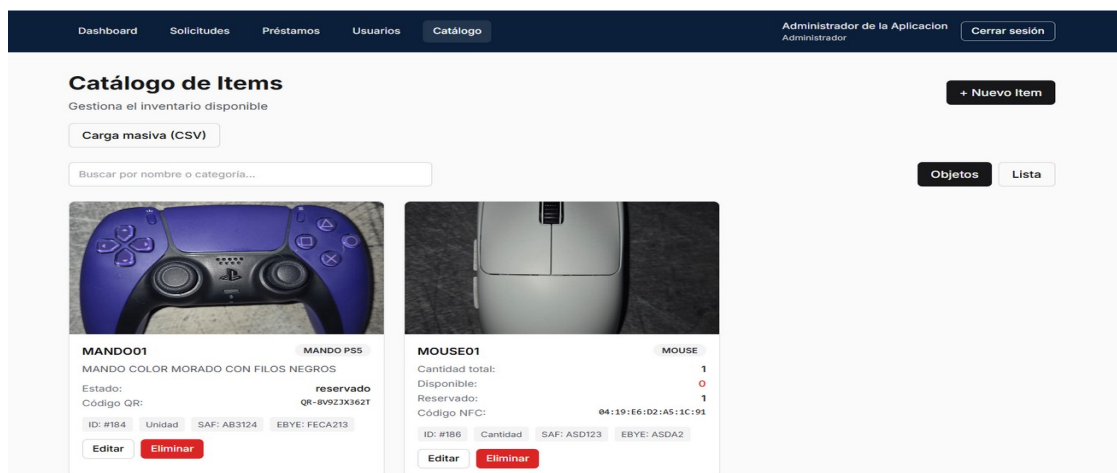
Nota: Elaboración propia



En la figura 3.4 se aprecia el catálogo, que es manejado solo por los administradores, quienes pueden registrar nuevos elementos, editarlos o eliminarlos, siendo posible cargar de forma masiva mediante archivos CSV.

Figura 3.4 Catálogo

Nota: Elaboración propia



En la figura 3.5 se aprecia la pantalla de administración que permite agregar nuevos usuarios y asignarles diferentes accesos dentro del sistema, según su función (como gestor principal, responsable de revisión o usuario final).

Figura 3.5 Administración de usuarios

Nota: Elaboración propia

ID Interno	Nombre	Email	Rol	Último acceso	Acciones
#9	Administrador de la Aplicación	admin@test.com	Administrador	12/02/2026 00:56	Eliminar
#3	JORGE ERNESTO CASTRO CRESPO	andybract12@gmail.com	Solicitante	11/02/2026 00:39	Eliminar
#4	moderador@test.com	moderador@test.com	Solicitante	26/01/2026 23:07	Eliminar
#7	Karen Torres	karen.torres@cti.espol.edu.ec	Administrador	26/01/2026 14:47	Eliminar
#2	Hector Andres Bravo Castro	dvenegas1995@gmail.com	Solicitante	26/01/2026 10:07	Eliminar
#5	David Venegas	david.venegas@funiber.org	Solicitante	26/01/2026 10:03	Eliminar

Sobre las peticiones, desde aquí se sigue y administra todo el proceso de un préstamo como se ve en la figura 3.6. Los gestores autorizados pueden ver las solicitudes enviadas desde la app, evaluarlas y tomar la decisión de autorizarlas o no.

Figura 3.6 Solicitudes

Nota: Elaboración propia

ID	Prestador	Items	Estado	Fecha	Acciones
qaDq081B...	JORGE ERNESTO CASTRO CRESPO pUhJ5b92ambf...	2 items • MAND001 (x1) • MOUSE01 (x1)	aprobada	11/02/2026 00:40	
T4tcCvU...	JORGE ERNESTO CASTRO CRESPO pUhJ5b92ambf...	2 items • MOUSE01 (x1) • MAND001 (x1)	efectuada	27/01/2026 02:02	Ver préstamo →

Además, el panel proporciona una vista en tiempo real de todos los préstamos activos y un historial completo para auditoría como se ve en la figura 3.7.

Figura 3.7 Préstamos realizados

Nota: Elaboración propia

ID	Docente	Items	Estado	Código	Fecha	Acciones
0LYJRFcuHYm4...	No disponible Sin UID	2 items • MANDO01 (x1) • MOUSE01 (x1)	devuelto	Sin código	27/01/2026	PDF

Finalmente, incluye capacidades de generación de reportes analíticos, permitiendo exportar datos filtrados por período, usuario o tipo de ítem en documentos PDF gracias a la integración de la librería jsPDF.

3.2.4. Backend y Servicios en la Nube (Firebase)

El backend del sistema centraliza la autenticación, almacenamiento y sincronización de datos. Todas las solicitudes, préstamos, usuarios e ítems se gestionan en Firestore, manteniendo coherencia de estados entre la aplicación móvil y la plataforma web.

Los procesos automáticos, como la actualización de estados y la generación de comprobantes, se ejecutan mediante funciones en la nube que garantizan consistencia en las transacciones. Los documentos generados se almacenan en Cloud Storage, permitiendo su consulta posterior y asegurando trazabilidad.

3.3. Flujo de Funcionamiento del Sistema

3.3.1. Secuencia de Validación con QR/NFC

La validación de un ítem es un proceso central que inicia cualquier transacción. Cuando la aplicación móvil captura un identificador como se aprecia en la figura 3.8 (ya sea el UID de una etiqueta NFC o la cadena decodificada de un código QR), ejecuta una consulta en tiempo real a la colección Ítems en Firestore.

Figura 3.8 Ejemplo de proceso de escaneo de código QR

Nota: Elaboración propia



La consulta busca un documento cuyo campo tagId coincida exactamente con el identificador capturado. Al recibir la respuesta, la aplicación muestra al usuario los datos del ítem (nombre, imagen, estado actual). Basándose en el estado y en las reglas de negocio implementadas localmente (por ejemplo, impedir que un usuario solicite un ítem que ya tiene prestado), la aplicación habilita la opción de transacción correspondiente (solicitar préstamo o registrar devolución).

Figura 3.9 Proceso de validación por escaneo

Nota: Elaboración propia

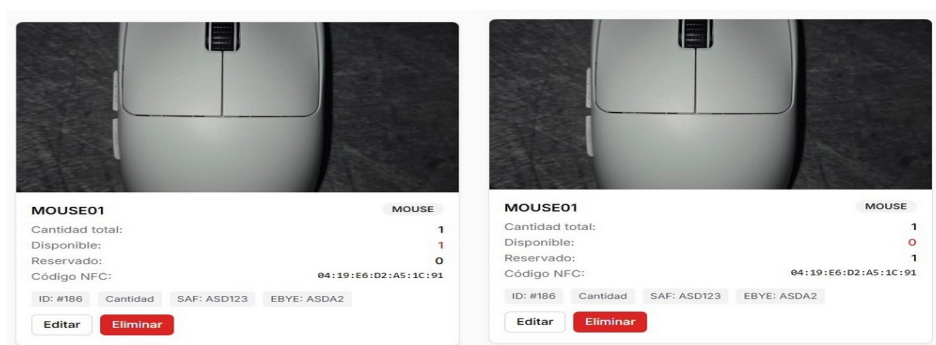


3.3.2. Verificación de Sincronización y Consistencia de Estados

Durante la implementación se verificó que cada evento de préstamo o devolución actualizara correctamente el estado del inventario tanto en la aplicación móvil como en el panel web administrativo como se aprecia en la figura 3.10. Se observó una latencia inferior a 2 segundos entre la confirmación de la transacción y la visualización del nuevo estado en la interfaz web.

Figura 3.10 Visualización de cambio de estado

Nota: Elaboración propia



Asimismo, se constató coherencia total entre los estados mostrados en ambos entornos durante las pruebas funcionales realizadas, asegurando sincronización en tiempo casi real. Las mediciones registradas corresponden a observaciones individuales realizadas durante la validación operativa del sistema.

3.4. Alineación de la Implementación con los Objetivos Específicos

La implementación desarrollada en los distintos módulos del sistema permitió cumplir los objetivos específicos establecidos. La Tabla 3.1 muestra la relación directa entre los componentes implementados y cada objetivo.

Tabla 3.1 Alineaciones de implementaciones con OE's

Nota: Elaboración propia

Objetivo	Componentes implementados en el sistema
OE1	Aplicación móvil, Escaneo de Código QR, Solicitudes, Préstamos realizados
OE2	Escaneo de código QR, Aplicacion movil Android
OE3	Panel de Gestión Web, Dashboard Central, Catalogo, Administración de usuarios, Solicitudes, Préstamos Realizados

Capítulo 4

4.1. Evaluación del Objetivo Específico 1: Administración en Tiempo Real

La meta inicial fue optimizar los flujos de préstamo y devolución mediante una aplicación móvil que garantizara trazabilidad y resguardo de cada operación. Para evaluar la mejora en eficiencia operativa, se cronometraron 30 operaciones reales (15 préstamos y 15 devoluciones) ejecutadas con el sistema automatizado. Estos tiempos fueron contrastados con el tiempo necesario para el procedimiento manual, cuyo tiempo por transacción fue estimado en 15 minutos. Los resultados, obtenidos a partir de mediciones puntuales y segmentados por etapas clave del proceso, se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Comparativa de tiempos por etapa del proceso

Nota: Elaboración propia

Etapas del Proceso	Tiempo Manual (min)	Tiempo Automatizado (min)	Reducción (%)
Autenticación / Identificación Usuario	1.5	0.2	86.7%
Identificación y Búsqueda del Ítem	2.5	0.1	96.0%
Registro y Validación de la Transacción	7.0	0.5	92.9%
Generación y Firma de Comprobante	4.0	0.1	97.5%
TIEMPO TOTAL POR TRANSACCIÓN	15.0	0.9	94.0%

La reducción porcentual del tiempo total se calculó mediante la Ecuación 4.1, correspondiente al Objetivo Específico 1 (OE1) sobre mejora de eficiencia operativa:

Ecuación 4.1: Cálculo de la reducción porcentual del tiempo de transacción.

$$R_{\text{tiempo}} = \frac{T_{\text{manual}} - T_{\text{automático}}}{T_{\text{manual}}} \times 100$$
$$R_{\text{tiempo}} = \frac{15.0 - 0.9}{15.0} \times 100 = 94\%$$

Donde:

- R_{tiempo} : Reducción porcentual del tiempo de transacción.
- T_{manual} : Tiempo promedio del proceso manual (15.0 minutos).
- $T_{\text{automático}}$: Tiempo promedio del proceso automatizado (0.9 minutos).

Este resultado muestra que el tiempo se redujo un 94%, pasando de 15 minutos a 54 segundos por operación. Esta mejora en los tiempos se explica sobre todo porque ahora la autenticación es automática, la base de datos responde al instante y se acabó el llenar formularios en papel: con escanear el código alcanza.

En tema de trazabilidad, el sistema fue generando su comprobante en PDF para cada una de las 30 movidas, todo guardado en la nube sin riesgo. Después cruzamos la información del panel web con los archivos generados y calzaba perfecto, el 100%. O sea, la trazabilidad quedó completa y fácil de auditar, como se ve en la Figura 4.1 con un comprobante de ejemplo.

Figura 4.1 Comprobante pdf

Nota: Elaboración propia

ACTA DE ENTREGA – RECEPCIÓN
Centro de Transparencia e Innovación - CTI

En la ciudad de Guayaquil, el 23/01/2026, 15:33, se llevó a cabo la entrega-recepción del préstamo #3 entre Administrador de la Aplicación y Hector Andres Bravo Castro. Los items estarán en custodia del solicitante.

ID interno: #3	Recogido: 23/01/2026 15:33
ID solicitud: #4	Devuelto: 31/01/2026 15:33
Fecha creación: 16/01/2026 10:35	ID solicitante: #2

Listado de Items:

#	Nombre	Cantidad
1	ESP32	1

Motivo del préstamo:
actuar

Condiciones de la entrega:

1. Los items se encuentran en el estado declarado en el sistema.
2. El solicitante se compromete a hacer buen uso y cuidado de los items entregados.

Para constancia de lo actuado y en fe de conformidad y aceptación, firman la presente acta las personas que intervienen.

Entregó conforme, _____ Recibió conforme, _____

Administrador de la Aplicación
Centro de Tecnologías de Información - CTI

Hector Andres Bravo Castro
Solicitante

4.2. Evaluación del Objetivo Específico 2: Identificación Automatizada

El segundo objetivo se centraba en integrar tecnologías sin contacto para una identificación precisa y un monitoreo automático de los activos.

Se evaluó la precisión de las tecnologías de identificación realizando 100 intentos de lectura con cada una sobre un conjunto de 10 ítems etiquetados (Apéndice C).

Los códigos QR demostraron un rendimiento perfecto, con una tasa de éxito del 100% en todas las lecturas, incluso en condiciones de desgaste superficial. Por su parte, la tecnología NFC alcanzó una precisión del 98%. Los dos intentos fallidos se asociaron exclusivamente al deterioro físico de una etiqueta en particular, no al mecanismo de lectura. Estos resultados se resumen en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Resultados de precisión en la identificación

Nota: Elaboración propia

Tecnología	Intentos	Lecturas Exitosas	Precisión
Código QR	100	100	100%
NFC	100	98	98%

La precisión de cada tecnología se calculó utilizando la Ecuación 4.2, que corresponde al Objetivo Específico 2 (OE2) sobre identificación automatizada confiable:

Ecuación 4.2: Cálculo de la precisión (tasa de éxito) en la identificación.

$$P = \frac{L_{\text{exitosa}} \times 100}{N_{\text{intentos}}}$$

Para **NFC**:

$$P_{\text{nfc}} = \frac{98 \times 100}{98} = 98 \%$$

Para **QR**:

$$Pqr = \frac{100 \times 100}{100} = 100\%$$

Donde:

- PP: Precisión o tasa de éxito de la tecnología.
- L_{exitosa} : Número de lecturas exitosas.
- N_{intentos} : Número total de intentos de lectura.

4.3. Evaluación del Objetivo Específico 3: Panel de Gestión Centralizado

El tercer objetivo consistía en desarrollar una interfaz web centralizada para la supervisión del inventario, la administración de usuarios y la generación de reportes.

La usabilidad del panel web fue evaluada por los dos administradores responsables del laboratorio piloto, quienes lo utilizaron durante un período de una semana. Tras este periodo, respondieron una encuesta, con calificaciones que iban del 1 al 5 (Figura 4.2), siendo 1 para una valoración poco favorable, y 5 para una valoración totalmente favorable. Al aplicar System Usability Scale (SUS), se consiguió una puntuación promedio de 87 sobre 100 Soegaard (2025).

Figura 4.2 Encuesta realizada

Nota: Elaboración propia

	Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Neutral (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)		Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Neutral (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
Me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encontré el sistema innecesariamente complejo.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El sistema fue fácil de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Creo que necesitaría soporte técnico para usar este sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las funciones del sistema están bien integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Encontré inconsistencias en el sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La mayoría de las personas aprenderían a usar el sistema rápidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El sistema es complicado de usar.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me sentí seguro al utilizar el sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Necesité aprender muchas cosas antes de empezar a usar el sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encontré el sistema innecesariamente complejo.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El sistema fue fácil de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Creo que necesitaría soporte técnico para usar este sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las funciones del sistema están bien integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Encontré inconsistencias en el sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La mayoría de las personas aprenderían a usar el sistema rápidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El sistema es complicado de usar.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me sentí seguro al utilizar el sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Necesité aprender muchas cosas antes de empezar a usar el sistema.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 4.3 Comparación entre evaluadores

Nota: Elaboración propia

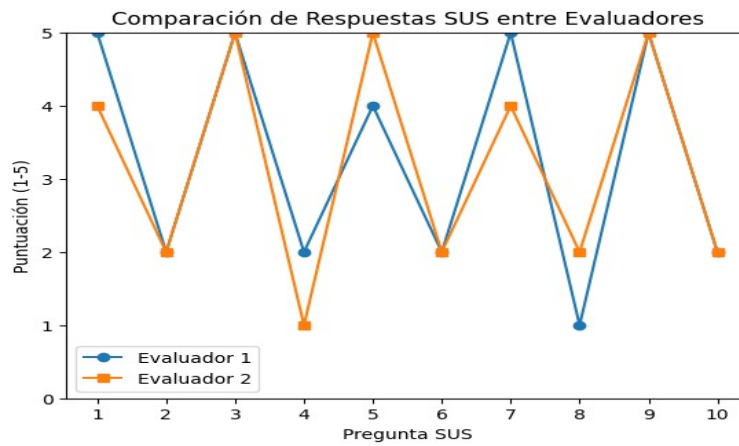
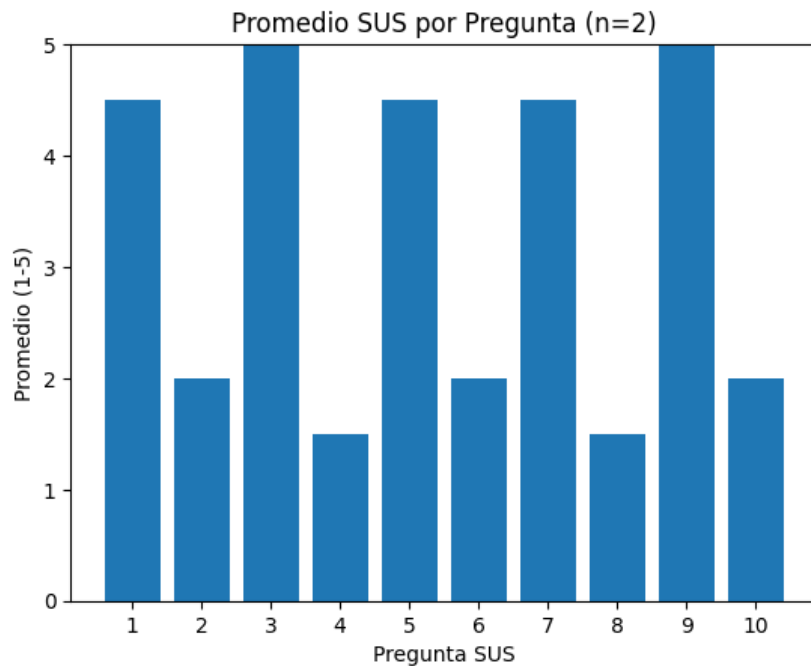


Figura 4.4 Resultados por pregunta

Nota: Elaboración propia



Los resultados de las figuras 4.3 y 4.4 reflejan una valoración mayoritariamente favorable hacia el sistema, con opiniones que tienden a definirse sin matices intermedios. Las puntuaciones más altas se agrupan en aspectos vinculados a la facilidad de uso, la confianza transmitida durante la interacción, la intención de uso frecuente y la percepción de que otras personas podrían aprender a manejarlo rápidamente. Esto sugiere que la experiencia resulta accesible, genera seguridad y no impone barreras de entrada evidentes.

En el caso de las afirmaciones redactadas en sentido inverso —aquellas que aluden a complejidad, necesidad de soporte técnico o exigencia de aprendizaje previo—, las calificaciones bajas no indican insatisfacción, sino que los usuarios no se sintieron identificados con esas dificultades. Por tanto, la tendencia refuerza la impresión de un sistema de baja carga cognitiva, que no requiere asistencia externa ni demanda una curva de aprendizaje pronunciada.

Las diferencias entre evaluadores son mínimas y la tendencia se mantiene estable a lo largo de las pruebas, lo que apunta a una percepción homogénea independientemente del perfil del participante. No se observan indicios de frustración ni rechazo significativo.

En síntesis, el sistema es percibido como usable, confiable y fácil de adoptar. Desde una lectura formal, los datos evidencian una evaluación positiva caracterizada por altos niveles de confianza, usabilidad y baja exigencia mental, con escasa variabilidad entre los sujetos.

4.4. Discusión y Síntesis de Hallazgos

Los resultados obtenidos confirman de manera sólida que el sistema desarrollado cumple satisfactoriamente con los tres objetivos específicos planteados. La reducción del 94% en el tiempo de transacción (OE1) constituye un indicador tangible del impacto en la eficiencia operativa. Este logro es sustentado por la alta precisión (98% NFC, 100% QR) y confiabilidad de las tecnologías de identificación sin contacto integradas (OE2). A su vez, el panel de gestión web se validó como una herramienta poderosa y apreciada por los administradores (4.7/5 en usabilidad), centralizando el control y cerrando el ciclo de trazabilidad con la generación automática de evidencias digitales (OE3).

El análisis también revela de manera natural las limitaciones funcionales del sistema piloto. La dependencia de una conexión a Internet estable se identifica como el principal factor condicionante, ya que una caída de red impide realizar transacciones. Además, la precisión del inventario en tiempo real está sujeta a la disciplina de los usuarios en escanear los ítems en cada movimiento. Estas limitaciones, sin embargo, no invalidan el éxito del proyecto, sino que delimitan con precisión su alcance actual y establecen direcciones claras para su evolución futura, como se discute en el siguiente capítulo.

Capítulo 5

El desarrollo e implementación de este sistema integrado en un laboratorio piloto de la ESPOL ha permitido validar una alternativa tecnológica concreta y efectiva frente a los métodos tradicionales de gestión de préstamos e inventarios. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del trabajo y se esbozan caminos potenciales para su evolución.

5.1. Conclusiones

En relación con el Objetivo Específico 1, se puede concluir que la aplicación móvil, al integrar escaneo por NFC/QR y conectarse a un backend en tiempo real, logró transformar radicalmente la experiencia del usuario. El proceso, que demandaba 15 minutos de trámites manuales, se redujo a menos de un minuto, representando una mejora del 94% en eficiencia. La generación automática de comprobantes digitales en PDF eliminó los errores y pérdidas asociados al papel, estableciendo una trazabilidad documental robusta y confiable.

Respecto al Objetivo Específico 2, la integración de las tecnologías de identificación sin contacto demostró ser acertada y altamente confiable. Los códigos QR ofrecieron un rendimiento perfecto (100% de precisión), mientras que las etiquetas NFC rozaron la misma efectividad (98%). Esta automatización en el punto de interacción no solo agiliza el registro, sino que es la base que habilita la actualización instantánea y precisa del estado del inventario, visible para los administradores en todo momento.

Acerca del Objetivo Específico 3, el panel de gestión web desarrollado se consolidó como el núcleo efectivo de control administrativo. Su alta calificación en usabilidad (4.7/5) por parte del personal encargado refleja una interfaz intuitiva y útil. El panel centraliza la información, facilita la toma de decisiones, agiliza la aprobación de solicitudes y permite la generación ágil de reportes, cumpliendo su papel como herramienta de supervisión y gobierno del sistema.

De manera global, el proyecto demuestra que la combinación de una aplicación móvil nativa, un panel web administrativo y una infraestructura en la nube moderna (Firebase) constituye una arquitectura viable, escalable y segura para modernizar la gestión de activos en un entorno universitario. La adopción de la metodología Design Thinking fue fundamental

para alinear la solución con las necesidades reales de usuarios y administradores, resultando en una herramienta no solo funcional, sino también adoptada y valorada.

5.2. Líneas Futuras de Trabajo

Basado en la experiencia adquirida y en las limitaciones identificadas, se proponen varias líneas para futuras investigaciones y desarrollos:

1. **Implementación de un modo offline** para la aplicación móvil, permitiendo que los registros se almacenen localmente en el dispositivo cuando no haya conectividad y se sincronicen automáticamente al recuperarla, aumentando la resiliencia del sistema.
2. **Integración profunda con sistemas institucionales** mediante APIs, por ejemplo, para conectar con el directorio activo de la universidad y automatizar completamente el alta y baja de usuarios, utilizando sistemas de autenticación unificada (SSO).
3. **Exploración de sensórica avanzada para trazabilidad física aumentada** como el uso de estanterías inteligentes con sensores de peso o lectores RFID fijos en puertas, que podrían reducir aún más la dependencia de la intervención manual del usuario para registrar movimientos.
4. **Desarrollo de una versión nativa para iOS** de la aplicación móvil, con el fin de extender la cobertura al total del parque de dispositivos de la comunidad universitaria y no limitarse al ecosistema Android.
5. **Análisis de datos y predictibilidad**, aprovechando el historial de préstamos acumulado para desarrollar módulos de analítica que puedan predecir demanda de recursos, sugerir mantenimiento preventivo o identificar patrones de uso.

Este trabajo procura sentar las bases técnicas y metodológicas para una gestión de recursos más ágil, transparente y confiable en el ámbito universitario. Las líneas futuras aquí planteadas buscan proyectar los principios que guiaron este proyecto —centrado en el usuario, robusto y práctico— hacia un impacto de mayor alcance y una operación aún más inteligente.

Referencias

Anusha, C. H., Aluguri, S. V., Maddiveni, S., & Kandibanda, S. T. G. (2023).

RFID based inventory management system. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 8(5), 1–5.

<https://www.ijeast.com/papers/1-5,Tesma805,IJEAST.pdf>

Huarcaya Quispe, N. (2024). Sistema de información con tecnología RFID para

mejorar la gestión de la biblioteca especializada de la Escuela

Profesional de Ingeniería Informática y Sistemas [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio

Institucional UNAMBA.

<http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/20.500.12918/1175>

Romero Ortega, S. D. (2023). Desarrollo de un sistema de borde basado en radio

frecuencia para la generación automática de inventario de productos

[Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio

Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24345>

Soto Chagualla, C. F., & Trujillo Benavides, K. A. (2021). Análisis y diseño de

un sistema de control de inventario mediante tecnología RFID para el

Laboratorio Móvil de Logística de la Universidad Tecnológica de

Pereira [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira].

Repositorio Institucional UTP.

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/XXXXXX/content>

Tan, W. C., & Sidhu, M. S. (2022). Review of RFID and IoT integration in supply chain management. *Operations Research Perspectives*, 9, Artículo 100229. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100229>

Liedtka, J. (2018). *Design thinking: A guide for creative problem solving in organizations*. Columbia Business School Publishing.

JetBrains. (2023). Kotlin documentation. JetBrains. <https://kotlinlang.org>

Google. (2023a). Jetpack Compose documentation. Android Developers. <https://developer.android.com/jetpack/compose>

Amazon Web Services, Inc. (s. f.). What is cloud native? AWS. Recuperado el 13 de febrero de 2026, de [https://aws-amazon-com.translate.goog/what-is/cloud-native/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc](https://aws.amazon-com.translate.goog/what-is/cloud-native/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

Vercel. (2023). Next.js documentation. Vercel Inc. <https://nextjs.org/docs>

Meta Platforms, Inc. (2023). React documentation. <https://react.dev>

Google. (2023b). Firebase documentation. Google LLC. <https://firebase.google.com/docs>

ZXing Project. (2023). ZXing ("Zebra Crossing") documentation. <https://github.com/zxing/zxing>

iText Group NV. (2023). iText 7 documentation. iText Group. <https://itextpdf.com>

jsPDF. (2023). jsPDF documentation. <https://github.com/parallax/jsPDF>

Microsoft. (2023). Client-server architecture style. Microsoft Azure Architecture Center.
<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/guide/architecture-styles/client-server>

Amazon Web Services. (2023). Client-server model. AWS Cloud Architecture Center.
<https://aws.amazon.com/what-is/client-server-model/>

Google. (2023a). Firebase Authentication documentation. Google Developers.
<https://firebase.google.com/docs/auth>

Google. (2023b). Cloud Firestore documentation. Google Developers.
<https://firebase.google.com/docs/firestore>

Google. (2023c). Cloud Functions for Firebase documentation. Google Developers.
<https://firebase.google.com/docs/functions>

Google. (2023d). Cloud Storage for Firebase documentation. Google Developers.
<https://firebase.google.com/docs/storage>

Tailwind Labs. (2023). Tailwind CSS documentation.
<https://tailwindcss.com/docs>

Soegaard, M. (2025, 19 de noviembre). System usability scale (SUS). Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/system-usability-scale>

Newman, S. (2021). *Building Microservices* (2nd ed.). O'Reilly Media.

Apéndices

Apéndice A. Dockerización del Sistema

Para garantizar un entorno de ejecución consistente y portable del panel de gestión web en el servidor local de la ESPOL, se utilizó la tecnología de contenedores Docker. La Figura A.1 muestra el archivo de configuración docker-compose.yml que define el servicio de la aplicación web y un *worker* para tareas en segundo plano, como el envío de recordatorios. Este enfoque permite empaquetar la aplicación con todas sus dependencias, asegurando que funcione de la misma manera en cualquier entorno donde se despliegue el contenedor.

Figura A.1 Docker Compose

Nota: Elaboración propia

```
version: '3.8'

services:
  prestamos-web:
    build:
      context: .
      dockerfile: Dockerfile
    ports:
      - "3002:3000"
    environment:
      - NODE_ENV=production
      - NEXT_TELEMETRY_DISABLED=1
    # Variables de entorno en runtime (para variables server-side)
    env_file:
      - .env.local
    restart: unless-stopped

  reminder-worker:
    build:
      context: .
      dockerfile: Dockerfile
    command: ["bun", "scripts/reminder-worker.ts"]
    environment:
      - NODE_ENV=production
    env_file:
      - .env.local
    restart: unless-stopped
```

Las Figuras A.1, A.2 y A.3 documentan el proceso de construcción de la imagen Docker a partir del código fuente y el despliegue exitoso del servidor web en el puerto designado, respectivamente.

Figura A.2 Construcción de la imagen Docker

Nota: Elaboración propia

```
cas@casa-desktop: ~/Escritorio/Proyecto-Integrador/Proyecto_Integradora/prestamos-web
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
cas@casa-desktop:~/Escritorio/Proyecto-Integrador/Proyecto_Integradora/prestamos-web$ docker compose up --build
WARN[0000] /home/casa/Escritorio/Proyecto-Integrador/Proyecto_Integradora/prestamos-web/docker-compose.yml: the attribute 'version' is obsolete, it will be ignored, please remove it to avoid potential confusion
[*] Running 0/2
[*] Service prestamos-web Building 1.1s
[*] Building 0.9s (2/4) docker:desktop-linux
[*] Building 1.2s (27/38) docker:desktop-linux
=> [prestamos-web internal] load build definition from dockerfile 0.0s
=> => transferring dockerfile: 1.96kB 0.0s
=> [reminder-worker internal] load build definition from dockerfile 0.0s
=> => transferring dockerfile: 1.90kB 0.0s
=> [reminder-worker internal] load metadata for docker.io/oven/bun:1-slim 0.0s
=> [reminder-worker internal] load metadata for docker.io/oven/bun:1 1.0s
=> [reminder-worker internal] load .dockerignore 0.0s
=> => transferring context: 531B 0.0s
=> [prestamos-web internal] load .dockerignore 0.0s
=> => transferring context: 531B 0.0s
=> [reminder-worker internal] load build context 0.0s
=> => transferring context: 2.70kB 0.0s
=> [prestamos-web runner 1/7] FROM docker.io/oven/bun:1-slim@sha256:9d29 0.0s
=> [prestamos-web deps 1/4] FROM docker.io/oven/bun:1@sha256:f289cf305a 0.0s
=> [prestamos-web internal] load build context 0.0s
=> => transferring context: 2.70kB 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 2/7] COPY --from=builder --chown=bun:b 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 2/7] WORKDIR /app 0.0s
=> CACHED [reminder-worker deps 2/4] WORKDIR /app 0.0s
=> CACHED [reminder-worker deps 3/4] COPY package.json bun.lock* ./ 0.0s
=> CACHED [reminder-worker deps 4/4] RUN bun install --frozen-lockfile 0.0s
=> CACHED [reminder-worker builder 3/6] COPY --from=deps /app/node_modul 0.0s
=> CACHED [reminder-worker builder 4/6] COPY 0.0s
=> CACHED [reminder-worker builder 5/6] COPY .env* .env.local* .env.prod 0.0s
=> CACHED [reminder-worker builder 6/6] RUN bun run build 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 3/7] COPY --from=builder --chown=bun:b 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 4/7] COPY --from=builder --chown=bun:b 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 5/7] COPY --from=builder --chown=bun:b 0.0s
=> CACHED [reminder-worker runner 6/7] COPY --from=builder --chown=bun:b 0.0s
=> [prestamos-web] exporting to image 0.0s
=> => exporting layers 0.0s
=> => writing image sha256:97f6a8d30ba5f3b00fc3b00f6c6eaa7b115e5b1f99 0.0s
=> => naming to docker.io/library/prestamos-web-prestamos-web 0.0s
```

Figura A.3 Servidor local

Nota: Elaboración propia

Containers / prestamos-web-prestamos-web-1

prestamos-web-prestamos-web-1

60fd9c4d1a0d prestamos-web-prestamos-web:latest 3002:3000

STATUS Running (2 hours ago)

Logs	Inspect	Bind mounts	Exec	Files	Stats
2026-01-24 02:11:19			▲ Next.js 15.3.2		
2026-01-24 02:11:19		- Local:	http://localhost:3000		
2026-01-24 02:11:19		- Network:	http://0.0.0.0:3000		
2026-01-24 02:11:19			✓ Starting...		
2026-01-24 02:11:21			✓ Ready in 3.9s		

Apéndice B. Capturas del Sistema en Funcionamiento

Este apéndice recopila capturas de pantalla que evidencian el funcionamiento real del sistema durante la fase de pruebas y validación, proporcionando un respaldo visual a los resultados descritos en el Capítulo 4.

Figura B.1 Código QR

Nota: Elaboración propia



Figura B.2 Validación exitosa de un ítem mediante tecnología NFC en la aplicación móvil

Nota: Elaboración propia



Figura B.3 Plantilla CSV utilizada para la carga masiva de ítems en el catálogo

Nota: Elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	nombre	categoria	tipoInventario	codigoSAF	codigoEBYE	características	unidadCentroCosto	fechaCompra	cantidad	marca	modelo	serie	valorActual	ubicacion	custodio	responsable	descripcion
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	

Figura B.4 Panel web mostrando cómo llenar el archivo CSV

Nota: Elaboración propia.

Carga masiva de ítems Volver al catálogo

Paso 1: descarga la plantilla CSV

[Descargar plantilla CSV](#)

Paso 2: llena las columnas según el mapeo

codigoSAF: obligatorio	codigoEBYE: obligatorio	nombre: obligatorio
categoria: obligatorio	tipoInventario: obligatorio (Cantidad/Unidad)	características: obligatorio
unidadCentroCosto: obligatorio	fechaCompra: obligatorio (YYYY-MM-DD)	cantidad: obligatorio si tipoInventario=Cantidad
marca: obligatorio	modelo: obligatorio	serie: obligatorio
valorActual: obligatorio	ubicacion: obligatorio	custodio: obligatorio
responsable: obligatorio	descripcion: opcional	

Nota: cada valor debe ir en su columna. Si Excel muestra todo en una sola celda, usa "Datos ... Texto en columnas" o guarda como CSV delimitado por comas.

Figura B.5 Correo electrónico automático de recordatorio generado por el sistema

Nota: Elaboración propia

PRESTAMOS CTI <tesisespol06@gmail.com>
para mí

Parece que este mensaje está en inglés ×
[Traducir al español](#)

Préstamo activo

Hola Hector Andres Bravo Castro,

Tu préstamo ya está activo.

Recogida: 23/1/2026, 8:33:00 p. m.

Devolución: 31/1/2026, 8:33:00 p. m.

Apéndice C. Objetos etiquetados

Figura C.1 Impresora etiquetada

Nota: Elaboración propia



Figura C.2 Laptop escaneada

Nota: Elaboración propia



Figura C.3 Objetos varios con etiqueta QR

Nota: Elaboración propia

