



PROYECTO DE GRADO

APLICATIVO WEB PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DEL TRANSPORTE UNIVERSITARIO CON ASISTENCIA QR EN AGUSTÍN CODAZZI, CESAR.

DIRECTOR:

ROBERTO FERNANDEZ

INTEGRANTES:

CARLOS LINDARTE SANTOS

CC: 1007511771

calindarte@unicesar.edu.co

DANIEL NOVOA CASTELLAR

CC: 1127628448

denovoa@unicesar.edu.co

2025

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Sección I: Descripción General	1
Sección II. Descripción Situacional	3
Sección III. Desarrollo Científico-Tecnológico	18
Sección IV. Artículo Científico	55

ESQUEMA DEL PROYECTO DE GRADO

PRELIMINARES

SECCIÓN I: Descripción General

- 1.1 Título del Proyecto de Grado
- 1.2 Dirección de Ejecución
- 1.3 Lapso de Ejecución
- 1.4 Organismo o Institución Responsable del Proyecto
- 1.5 Información de contacto de los estudiantes
- 1.6 Línea, sublínea y grupo de investigación del Proyecto

SECCIÓN II: Descripción Situacional

- 2.1 Identificación del Problema
- 2.2 Justificación del Proyecto
- 2.3 Objetivos del Proyecto
- 2.4 Bases Teóricas
 - 2.4.1 Antecedentes
 - 2.4.1.1 Antecedentes históricos.
 - 2.4.1.2 Antecedentes investigativos.
 - 2.4.1.3 Antecedentes legales.
 - 2.4.2 Marco Teórico
 - 2.4.3 Marco Conceptual
- 2.5 Marco Metodológico

SECCIÓN III: Desarrollo Científico-Tecnológico

- 3.1 Desarrollo de las fases de la metodología de sistemas propuesta
- 3.2 Análisis de Resultados y Discusión
- 3.3 Conclusiones
- 3.4 Recomendaciones
- 3.5 Bibliografía

Anexos:

- A.** Carta del director, Co director, Asesor
- B.** Carta de los estudiantes
- C.** Carta recibido a satisfacción de la entidad responsable
- D.** Artículo científico (cuando aplique)
- E.** Manual de usuario y manual técnico (si aplica)
- F.** Resultado de revisión que evidencie una tolerancia máxima de 25% de no originalidad.

SECCIÓN I: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1.- TÍTULO DEL PROYECTO

Desarrollo de un Aplicativo Web para la Gestión y Control del Transporte Universitario con Asistencia QR en Agustín Codazzi, Cesar.

1.2.- DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Carrera 16 #17-02 Agustín Codazzi, Cesar, Teléfono 55765125, Celular 3001300779

1.3.- LAPSO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

6 meses de duración

Del 12 de agosto del 2024 al 12 de enero de 2025

1.4.- ORGANISMO Y SECCIÓN RESPONSABLE

Este proyecto será desarrollado como un prototipo funcional orientado a resolver las limitaciones identificadas en la gestión y control del servicio de transporte universitario en el municipio de Agustín Codazzi, Cesar. Si bien el desarrollo del aplicativo web no se origina inicialmente como resultado de un contrato directo con una entidad específica, será sometido a una validación práctica en el contexto real del servicio proporcionado por la Alcaldía Municipal de Agustín Codazzi. Esta entidad ha expresado formalmente interés en el uso del sistema propuesto, brindando su aprobación para realizar las pruebas piloto correspondientes, bajo la responsabilidad de la Coordinación del Programa de Transporte Universitario.

1.5.- INFORMACIÓN DE CONTACTO DE LOS ESTUDIANTES

Nombre	Apellido	Cédula	Teléfono	Correo
CARLOS	LINDARTE	1007511771	3013109339	CALINDARTE@UNICESAR.EDU.CO
ALBERTO	SANTOS			

Nombre	Apellido	Cédula	Teléfono	Correo
DANIEL	NOVOA	1127628448	3006032400	DENOVOA@UNICESAR.EDU.CO
ENRIQUE	CASTELLAR			

1.6.- LÍNEA, SUBLÍNEA Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN AL QUE SE SUSCRIBE EL PROYECTO

Línea de Investigación	Tecnología de la Información y Comunicación
Sub-línea de Investigación	Sistemas de Información
Área Temática	Gestión de los sistemas y las tecnologías de información en las organizaciones
Grupo de Investigación	GISICO

SECCIÓN II. DESCRIPCIÓN SITUACIONAL

2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En muchos municipios de Colombia, acceder a la educación superior implica para cientos de estudiantes desplazarse diariamente hacia ciudades cercanas que sí cuentan con instituciones universitarias, técnicas o tecnológicas. Este es el caso del municipio de Agustín Codazzi, Cesar, donde la oferta local en educación superior sigue siendo limitada, por lo que muchos jóvenes deben trasladarse a centros urbanos como Valledupar para continuar con su formación académica.

Consciente de esta realidad, la administración municipal ha implementado un programa de transporte universitario que, hasta el momento, ha permitido a numerosos estudiantes continuar sus estudios con mayor facilidad. Sin embargo, el crecimiento sostenido de la demanda ha traído consigo desafíos importantes en la operación y gestión del servicio. Actualmente, procesos fundamentales como la inscripción de usuarios, la asignación de horarios y el control de asistencia se realizan de forma manual, lo que ha derivado en múltiples problemáticas operativas: sobrecupos, pérdida de registros, dificultad para verificar la asistencia en tiempo real y escasa trazabilidad de la información.

Estas irregularidades afectan directamente a los beneficiarios del programa, al personal administrativo encargado y, en última instancia, ponen en riesgo la sostenibilidad del servicio. La falta de automatización impide realizar un seguimiento eficiente, limita la capacidad de respuesta ante contingencias operativas y dificulta la toma de decisiones basadas en datos confiables. Esta situación, además, no es exclusiva del contexto de Codazzi: en distintas regiones del país se han reportado dificultades similares en programas de transporte educativo gestionados manualmente, caracterizados por su alta vulnerabilidad a errores, poca eficiencia y escaso control operativo (Aguilar, 2021; Acevedo, 2018).

De mantenerse las condiciones actuales, existe un riesgo evidente de que el programa colapse ante un aumento natural en el número de usuarios. Esto podría traducirse en la exclusión de estudiantes que dependen del servicio, en el uso inadecuado de los recursos asignados, e incluso en una pérdida de confianza por parte de la comunidad en la transparencia y equidad del programa. Estas limitaciones comprometen el impacto social positivo que se ha venido construyendo y ponen en duda la sostenibilidad del servicio en el mediano y largo plazo.

En contraste, experiencias documentadas en otros entornos han demostrado que la implementación de soluciones tecnológicas como aplicativos webs, bases de datos en la nube y sistemas de validación de asistencia con códigos QR permite optimizar recursos, reducir errores humanos y mejorar sustancialmente la confiabilidad en los procesos de gestión (Torres, 2019; Guerra Almeida, 2019). No obstante, en el municipio de Agustín Codazzi aún no se ha adoptado una solución tecnológica integral que responda a las necesidades específicas del servicio de transporte universitario.

Por tanto, surge la necesidad de desarrollar un aplicativo web que permita automatizar y centralizar la gestión del transporte universitario en el municipio de Agustín Codazzi. Esta solución tecnológica incorporaría módulos para la gestión de estudiantes, la asignación de horarios y buses, y la validación de asistencia mediante escaneo de códigos QR únicos. Además de optimizar la eficiencia operativa, el sistema facilitaría la generación de reportes, el análisis de datos en tiempo real y fortalecería la capacidad institucional para ofrecer un servicio más seguro, justo y sostenible.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

El crecimiento constante en la demanda del servicio de transporte universitario en municipios como Agustín Codazzi, Cesar, ha generado importantes desafíos en su administración. A medida que más estudiantes necesitan desplazarse diariamente hacia ciudades cercanas como Valledupar para acceder a la educación superior, la gestión manual de procesos como la inscripción, la asignación de horarios y la validación de asistencia ha comenzado a mostrar serias limitaciones.

Entre las principales problemáticas se encuentran los sobrecupos, la pérdida de registros, la falta de verificación en tiempo real y la escasa trazabilidad de la información, lo que afecta directamente la eficiencia del servicio y la experiencia de los beneficiarios. Además, la ausencia de herramientas tecnológicas impide al personal encargado tomar decisiones oportunas y basadas en datos confiables, comprometiendo la sostenibilidad del programa y debilitando la confianza de la comunidad.

Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar un aplicativo web que permita automatizar

y centralizar la gestión del transporte universitario en el municipio de Agustín Codazzi, integrando funcionalidades como el registro de estudiantes, la asignación de horarios y la validación de asistencia mediante escaneo de códigos QR.

En este proyecto se plantea entonces la siguiente pregunta de investigación:

Pregunta Principal:

¿Cómo desarrollar un aplicativo web que permita optimizar la gestión y el control del transporte universitario en Agustín Codazzi, mediante la automatización de procesos clave como la inscripción de estudiantes, la asignación de horarios y la validación de asistencia con códigos QR?

Sub-Preguntas

¿Qué requisitos funcionales y no funcionales debe incluir el aplicativo web para atender las necesidades del personal administrativo, coordinadores y estudiantes?

¿Qué tecnologías de desarrollo web resultan más adecuadas para implementar una solución robusta, escalable y adaptable al contexto local?

¿Cómo puede integrarse el uso de códigos QR en el proceso de validación de asistencia para mejorar la precisión, trazabilidad y confiabilidad de los registros en tiempo real?

¿Cómo evaluar el impacto del aplicativo en la reducción de errores operativos, la optimización de los recursos logísticos y la mejora en la toma de decisiones institucionales?

La respuesta a estas preguntas permitirá desarrollar, implementar y validar el aplicativo desarrollado en este proyecto.

2.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La gestión eficiente del transporte universitario constituye un componente fundamental para garantizar el acceso y la permanencia de cientos de estudiantes a la educación superior, especialmente en municipios como Agustín Codazzi, donde la oferta educativa local es limitada. En este contexto, la implementación de soluciones tecnológicas no solo responde a una necesidad operativa, sino que representa una oportunidad de transformación institucional orientada hacia la digitalización y optimización de los servicios públicos.

El desarrollo del aplicativo web propuesto permitirá automatizar, centralizar y controlar los procesos esenciales del programa de transporte universitario, tales como la inscripción de estudiantes, la asignación de horarios, y la validación de asistencia mediante el uso de códigos QR. Esta integración tecnológica reducirá los errores administrativos, fortalecerá la trazabilidad de la información y optimizará la gestión operativa, garantizando un servicio más confiable, eficiente y transparente.

Desde una perspectiva técnica, el uso de tecnologías como React, para la construcción de interfaces dinámicas y responsivas, Firebase Firestore como base de datos NoSQL en tiempo real, junto con servicios de autenticación y escaneo de códigos QR para la gestión ágil y precisa de la asistencia, garantizan una solución moderna, segura y adaptable a distintos dispositivos y necesidades del usuario.

En el ámbito institucional, el aplicativo servirá como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones basada en datos, proporcionando reportes automáticos y métricas de desempeño que permitirán planificar rutas, optimizar cupos y prever necesidades logísticas. A su vez, el sistema disminuirá la carga operativa del personal encargado, liberando tiempo para tareas estratégicas de supervisión y control.

En términos sociales y educativos, la propuesta contribuye al fortalecimiento de la equidad en el acceso a la educación superior, al garantizar un servicio de transporte más confiable, justo y sostenible. Su implementación impactará directamente la calidad de vida de los estudiantes beneficiarios, fomentando la continuidad académica y reduciendo la deserción por motivos de movilidad.

Finalmente, el proyecto posee un alto potencial de replicabilidad en otros municipios con condiciones similares, convirtiéndose en un modelo de gestión tecnológica para programas de transporte educativo. En conjunto, esta iniciativa refleja una visión de modernización institucional coherente con los principios de eficiencia administrativa, inclusión digital y sostenibilidad social.

2.3.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un aplicativo web para la gestión y control del transporte universitario con asistencia QR en Agustín Codazzi, Cesar

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, considerando las necesidades del personal administrativo, coordinadores y estudiantes beneficiarios del transporte universitario en Agustín Codazzi.
- ✓ Diseñar la arquitectura del aplicativo web, con un enfoque en la usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario, asegurando que se adapte a las características del contexto educativo y tecnológico del municipio.
- ✓ Construir el aplicativo web utilizando tecnologías como React, Tailwind CSS y Firebase Firestore, garantizando eficiencia, escalabilidad y disponibilidad del sistema.
- ✓ Implementar un sistema de autenticación y control de acceso por roles mediante Firebase Authentication, permitiendo la gestión diferenciada de funcionalidades según el perfil del usuario (administrador, coordinador y estudiante).

2.4.- BASES TEÓRICAS.

2. 4.1 ANTECEDENTES

2.4.1.1. Antecedentes históricos.

La incorporación de tecnologías digitales ha transformado múltiples sectores, modernizando especialmente el transporte universitario mediante herramientas que simplifican el control de asistencia estudiantil. Entre estas herramientas, el código de respuesta rápida (QR) destaca por su bajo costo, facilidad de implementación y gran capacidad de almacenamiento.

Este código fue desarrollado en 1994 por Masahiro Hara en la empresa japonesa Denso Wave, para optimizar la gestión de inventarios frente a las limitaciones de los códigos de barras tradicionales (Hara, 1994). Su expansión fue notable a finales de los años noventa con la incorporación masiva de cámaras en teléfonos móviles, lo que permitió extender rápidamente su uso a ámbitos comerciales, logísticos y educativos, facilitando procesos administrativos como encuestas en servicios de transporte público (Guirao, García, López, Acha & Comendador, 2015).

En Latinoamérica, uno de los primeros usos del código QR aplicado al transporte fue el sistema Ticket Express en Ecuador, el cual redujo significativamente los tiempos de abordaje y mejoró la precisión en los registros administrativos (Coronel Delgado & Campozano Vascones, 2017). Otro ejemplo relevante ocurrió en Perú, donde se implementó con éxito un módulo de control de asistencia estudiantil en la Universidad Alas Peruanas, evidenciando las ventajas del QR en contextos educativos (Salazar Medrano & Espinoza Mendieta, 2018). Asimismo, la experiencia internacional también incluye el caso de la India, donde se desarrolló un sistema integral de transporte urbano basado en QR que mostró ser adaptable a diferentes entornos académicos (Hargunani et al., 2018).

En Colombia también se han registrado esfuerzos puntuales, como el sistema de información para la gestión de rutas en el Área Metropolitana de Cúcuta; sin embargo, siguen siendo escasas las iniciativas integrales que combinan el uso de códigos QR con plataformas web en contextos educativos rurales, lo que confirma la pertinencia del presente proyecto (Vásquez Villar, Ordóñez Gayón, Calderón Villamizar & Urbina Alarcón, 2019).

2.4.1.2. Antecedentes investigativos.

En los últimos años, varias investigaciones han confirmado los beneficios operativos de los sistemas web que emplean el escaneo de códigos QR en el transporte y el control educativo. Por ejemplo, Reddy et al. (2019) lograron reducir en un 40 % el tiempo de embarque con una precisión del 98 % mediante un sistema de validación QR implementado en la India. De manera similar, Benítez-Cárdenas y Lucas-García (2019) destacaron las ventajas de la sincronización en tiempo real en una plataforma web y móvil desarrollada en Ecuador para transporte urbano.

Por otro lado, soluciones tecnológicas como las aplicaciones web progresivas (PWA) han demostrado efectividad incluso en condiciones limitadas de conectividad. Específicamente, Fernández Sosa et al. (2022) lograron mantener latencias inferiores a 800 ms en Argentina, mejorando notablemente la experiencia de usuario en contextos educativos con restricciones tecnológicas. Esta tendencia también se observó en zonas rurales de Perú, donde Shapiama Rengifo (2023) evidenció una reducción del 42 % en errores administrativos gracias al uso de códigos QR en el control de asistencia estudiantil.

En Colombia, Mancilla Ortiz y Vega Gaitán (2024) evidenciaron la viabilidad y la alta aceptación estudiantil (87 %) de una aplicación móvil para transporte universitario en Villavicencio, con un índice beneficio-costos positivo (1,8). Paralelamente, en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, un piloto web y móvil implementado por Ccopa Yapura y Condori Quispe (2025) confirmó que estos sistemas pueden escalar eficientemente utilizando tecnología en la nube, manteniendo una satisfacción del usuario elevada (90 %). Estos antecedentes refuerzan la importancia de evaluar soluciones tecnológicas similares en municipios como Agustín Codazzi, que aún enfrentan significativas limitaciones tecnológicas.

2.4.1.3. Antecedentes legales.

El desarrollo de un sistema digital para la gestión del transporte universitario basado en asistencia por códigos QR se encuentra sustentado en un conjunto de normas que orientan tanto la prestación del servicio de transporte especial como la protección de los datos personales y el uso de tecnologías de información en Colombia.

La **Ley 105 de 1993**, que establece los principios generales del transporte terrestre, resalta la importancia de garantizar seguridad, eficiencia y accesibilidad en los servicios de transporte

público y especial. En el contexto del proyecto, esta normativa respalda la necesidad de adoptar herramientas tecnológicas que optimicen los procesos administrativos y fortalezcan los mecanismos de control, contribuyendo así al cumplimiento de criterios de calidad y responsabilidad social en la operación del transporte universitario.

En complemento, el **Decreto 1079 de 2015**, que compila la reglamentación del sector transporte, define lineamientos específicos para el transporte escolar y universitario, especialmente en lo relacionado con la planeación, registro y verificación de los usuarios. Esta normatividad resulta particularmente pertinente para el aplicativo, dado que promueve sistemas de control que garanticen la trazabilidad de los pasajeros y la correcta gestión de rutas y horarios. El uso de un sistema automatizado con códigos QR permite dar cumplimiento directo a estas disposiciones, ofreciendo un registro confiable y verificable en tiempo real.

Por otro lado, debido a que el aplicativo gestionará información personal de estudiantes, adquiere especial relevancia la **Ley 1581 de 2012**, la cual regula el tratamiento de datos personales y exige a las organizaciones implementar medidas de seguridad, políticas de confidencialidad, consentimiento informado y mecanismos que garanticen la integridad de los datos. A la luz del proyecto, esta normativa orienta la incorporación de funciones como autenticación por roles, encriptación, restricción de accesos y manejo responsable de la información almacenada en la base de datos del sistema.

Asimismo, la **Ley 1978 de 2019**, conocida como Ley de Modernización del Sector TIC, impulsa el uso de tecnologías de información en entidades públicas y fomenta el desarrollo de soluciones digitales basadas en infraestructura en la nube. Esta política nacional se alinea directamente con el proyecto al promover la transformación digital municipal mediante plataformas web modernas, seguras y escalables, como las que se utilizarán en la construcción del aplicativo.

En conjunto, estas normas proporcionan el marco legal que orienta tanto las decisiones técnicas como los lineamientos metodológicos del sistema propuesto. Su cumplimiento garantiza que la plataforma de gestión del transporte universitario opere conforme a los marcos normativos vigentes, fortaleciendo su transparencia, legalidad y confiabilidad dentro del contexto institucional y regulatorio del país.

2.4.2 MARCO TEÓRICO

El presente proyecto se fundamenta en diversos aspectos teóricos claves relacionados con las tecnologías digitales, la gestión del transporte público especializado y el uso de códigos QR para sistemas de control y asistencia. Entre los principales autores que aportan elementos esenciales a este marco se destaca Masahiro Hara (1994), creador del código QR, cuya teoría resalta las ventajas operativas de este sistema frente a tecnologías anteriores como el código de barras tradicionales. Además, autores como Guirao, García, López, Acha y Comendador (2015) aportan estudios sobre aplicaciones prácticas y percepciones de la calidad del servicio al implementar tecnologías QR en el transporte público.

Desde la perspectiva tecnológica, es relevante el aporte de autores como Reddy, Srinivasan y Mayan (2019), quienes establecen fundamentos técnicos y metodológicos para el desarrollo de aplicaciones digitales eficientes y precisas utilizando códigos QR. Por otro lado, Benítez-Cárdenas y Lucas-García (2019) brindan bases importantes sobre la integración de plataformas web y móviles para la gestión operativa en tiempo real. Este enfoque facilita comprender la aplicabilidad y los beneficios de estos sistemas en entornos educativos.

En cuanto a contextos con conectividad limitada, Fernández Sosa et al. (2022) ofrecen un marco teórico sólido sobre aplicaciones web progresivas (PWA), resaltando cómo este tipo de aplicaciones pueden mejorar significativamente la experiencia de usuario en dichas condiciones. Por su parte, investigaciones regionales como la de Shapiama Rengifo (2023) proporcionan sustento empírico al demostrar la reducción de errores administrativos mediante la digitalización de procesos en contextos rurales, lo cual resulta fundamental para entender los alcances potenciales del proyecto propuesto en Agustín Codazzi.

Finalmente, en el ámbito del diseño, desarrollo y evaluación tecnológica, autores como Mancilla Ortiz y Vega Gaitán (2024), junto con Ccopa Yapura y Condori Quispe (2025), aportan perspectivas sobre la viabilidad económica y la escalabilidad técnica de soluciones digitales para el transporte educativo. Estos estudios complementan el marco teórico con conocimientos prácticos sobre la aceptación por parte de los usuarios, la relación costo-beneficio y la integración efectiva de tecnologías en la nube.

2.4.3 MARCO CONCEPTUAL

En este marco, se definen los conceptos clave utilizados en este proyecto:

- **Aplicativo Web:** Plataforma en línea que funciona en cualquier navegador y permite a usuarios y administradores interactuar en tiempo real, registrar datos y generar reportes sin necesidad de instalar software adicional.
- **Sistema de Información:** Conjunto integrado de software, hardware y procedimientos dedicado a capturar, procesar y distribuir datos para apoyar la toma de decisiones. En este caso, centraliza el registro de asistencia y la gestión del transporte mediante códigos QR.
- **Gestión del Transporte Universitario:** Coordinación de rutas, horarios y cupos para el traslado de estudiantes, apoyada en métricas para garantizar la seguridad, la puntualidad y el uso eficiente de los vehículos
- **Código QR:** Etiqueta bidimensional capaz de almacenar información alfanumérica. Se lee con la cámara de un dispositivo móvil y agiliza la identificación de cada estudiante al abordar el bus.
- **Validación de Asistencia:** Proceso automático que confirma la presencia del estudiante mediante el escaneo del código QR, generando un registro preciso en tiempo real
- **Transformación Digital:** Adopción de tecnologías digitales para mejorar procesos y servicios. En este caso implica sustituir los registros manuales por un sistema web que optimiza la operación del programa de transporte.
- **Automatización de Procesos:** Uso de software para ejecutar tareas repetitivas con mínima intervención humana, reduciendo errores y liberando tiempo del personal administrativo.

- **Progressive Web App (PWA):** Tipo de aplicativo web capaz de funcionar sin conexión a Internet, enviar notificaciones y cargar rápidamente; es ideal para zonas con conectividad limitada, como Agustín Codazzi.
- **Firebase:** Conjunto de servicios en la nube que ofrece funcionalidades como autenticación de usuarios, base de datos en tiempo real y alojamiento web (hosting), facilitando la escalabilidad y disponibilidad del sistema.
- **Recolección de Datos:** Obtención sistemática de información que permite generar estadísticas y apoyar la toma de decisiones sobre rutas y horarios.
- **Experiencia de Usuario (UX) y Usabilidad:** Principios de diseño enfocados en garantizar una interfaz intuitiva y accesible. Esto favorece la adopción del sistema por parte de estudiantes y coordinadores.

2.5 MARCO METODOLÓGICO

El presente proyecto se desarrollará bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos, lo que permitirá obtener una visión integral y profunda del fenómeno estudiado, acorde con los objetivos planteados.

Métodos y Técnicas para la Recopilación e Interpretación de la Información

- **Levantamiento de requisitos:** Este método cualitativo consistirá en entrevistas semiestructuradas con personal administrativo, coordinadores y estudiantes beneficiarios del servicio de transporte universitario en Agustín Codazzi. Dichas entrevistas permitirán identificar claramente las necesidades funcionales y no funcionales, estableciendo así los requisitos del sistema.
- **Diseño del Sistema:** Se definirá la arquitectura conceptual y técnica del aplicativo, integrando el modelado de casos de uso, la estructura de datos, los flujos de navegación y los prototipos iniciales de interfaz. Además, se especificarán los módulos del sistema, los niveles de acceso y los lineamientos de seguridad, garantizando coherencia entre los requisitos identificados y la solución tecnológica propuesta.
- **Desarrollo e Implementación del Prototipo:** Se empleará una metodología ágil (Scrum), basada en entregas incrementales e iterativas del aplicativo web propuesto. Este método permite la validación frecuente por parte de los usuarios, la retroalimentación constante y la adaptación rápida a cambios y mejoras durante el desarrollo.
- **Prueba Piloto:** Para validar de forma funcional el prototipo desarrollado, se llevará a cabo un estudio de campo mediante una prueba piloto en condiciones reales con un grupo seleccionado de estudiantes del municipio.

Técnicas e Instrumentos de Recolección

- **Entrevistas semiestructuradas:** Se aplicarán en la fase inicial para el levantamiento de requisitos, utilizando guías diseñadas específicamente para capturar necesidades operativas y administrativas del sistema.
- **Cuestionarios digitales (encuestas):** Se utilizarán tras la implementación del prototipo para evaluar la percepción de los usuarios sobre la usabilidad, la accesibilidad y el nivel de satisfacción con la solución tecnológica.
- **Registro automatizado de datos:** El aplicativo web permitirá la recolección de datos operativos en tiempo real durante la prueba piloto, tales como tiempos de validación de códigos QR, tasas de error y cumplimiento de horarios, entre otros indicadores clave.

Naturaleza de las Fuentes de Información

1. Fuentes Primarias:

- Información obtenida directamente mediante entrevistas a personal administrativo y coordinadores del programa de transporte.
- Encuestas aplicadas a estudiantes participantes del servicio de transporte universitario.
- Datos generados en tiempo real durante la ejecución del aplicativo web en la prueba piloto (registros de asistencia, tiempos de escaneo, etc.).

2. Fuentes Secundarias:

- Documentación técnica de las tecnologías empleadas (React, Tailwind CSS, Firebase).
- Investigaciones previas sobre sistemas similares aplicados al control de transporte y asistencia estudiantil.
- Legislación aplicable al transporte universitario y a la protección de datos personales en Colombia.

Descripción del Entorno, Población y Muestra

- **Entorno:** Municipio de Agustín Codazzi, con énfasis en el servicio de transporte universitario gestionado por la Alcaldía Municipal.
- **Población:** Estudiantes beneficiarios del programa de transporte universitario, quienes se desplazan a instituciones educativas en ciudades cercanas (como Valledupar) y utilizan habitualmente este servicio.
- **Muestra:** Se seleccionará una muestra de 25 a 30 estudiantes para la prueba piloto. La selección se realizará mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo estudiantes con acceso a dispositivos móviles y predisposición para participar activamente en el estudio.

Variables Observadas

- Tiempo promedio de escaneo de código QR por usuario.
- Tasa de errores en las validaciones mediante código QR.
- Nivel de satisfacción de los usuarios con el aplicativo web (considerando usabilidad, accesibilidad y rendimiento).
- Reducción en los tiempos operativos en comparación con el sistema manual previo.
- Exactitud y confiabilidad en los reportes generados automáticamente por el sistema.

SECCIÓN III. DESARROLLO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO.

3.1 DESARROLLO DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología implementada se basó en un enfoque ágil apoyado en Scrum, estructurado en fases que permiten avanzar de manera iterativa, con retroalimentación continua y validación progresiva de los módulos desarrollados. A continuación, se detallan las fases y actividades realizadas durante el proyecto.

3.1.1 Fase 1: Análisis y levantamiento de requisitos

Se ejecutaron entrevistas semiestructuradas con coordinadores, personal administrativo y estudiantes. Las actividades incluyeron:

3.1.1.1 Identificación de procesos manuales y sus limitaciones.

Proceso	Método manual actual	Limitaciones del método manual
Inscripción de estudiantes	Se realiza mediante formularios físicos o archivos independientes en Excel.	<ul style="list-style-type: none">• Riesgo de pérdida o duplicación de información.• Datos inconsistentes entre listas.
Generación de listados	Los listados se elaboran manualmente por el personal administrativo.	<ul style="list-style-type: none">• Consumo alto de tiempo.• Posibilidad de errores.• No permite actualización inmediata.
Asignación de rutas y horarios	Se distribuye manualmente en hojas de cálculo o listas impresas.	<ul style="list-style-type: none">• No se refleja disponibilidad real de cupos.• Dificultad para reorganizar estudiantes.
Control de asistencia	Se verifica visualmente, marcando listas impresas o anotando manualmente.	<ul style="list-style-type: none">• Errores frecuentes en marcación.• Toma más tiempo y retrasa la salida del transporte.
Almacenamiento de información	Archivos físicos o digitales sin respaldo estructurado.	<ul style="list-style-type: none">• Alto riesgo de pérdida.• Dificultad para recuperar información.
Generación de reportes	Se consolidan datos manualmente al final del día o del periodo.	<ul style="list-style-type: none">• Alto consumo de tiempo.• Reportes incompletos o tardíos.
Validación de beneficiarios activos	Se hace por revisión manual de listados anteriores.	<ul style="list-style-type: none">• Información desactualizada.• Imposibilidad de verificar uso real del servicio.
Control institucional	Supervisión basada en documentos dispersos.	<ul style="list-style-type: none">• Falta de un sistema unificado.• No permite análisis global del servicio.

3.1.1.2 Clasificación de requisitos funcionales.

Código	Requisito	Descripción	Prioridad
RF01	Registro de estudiantes	El sistema debe permitir registrar estudiantes con datos básicos (nombre, documento, programa, teléfono, correo, etc.).	Alta
RF02	Generación de código QR	Cada estudiante debe contar con un QR único que identifique su asistencia.	Alta
RF03	Escaneo QR	El sistema debe permitir escanear códigos QR desde dispositivos móviles.	Alta
RF04	Control de asistencia	El sistema debe registrar hora, fecha y usuario al validar un escaneo QR.	Alta
RF05	Autenticación por roles	El sistema debe permitir el acceso de administrador, estudiante y coordinador con permisos diferenciados.	Alta
RF06	Panel administrativo	Debe permitir ver listados, estadísticas, filtrados por fecha, ruta y asistencia.	Media
RF07	Gestión de rutas y horarios	El administrador debe crear y modificar rutas, horarios y cupos.	Media
RF08	Reportes automáticos	El sistema debe generar reportes descargables en PDF o Excel.	Baja
RF09	Edición de datos	El sistema debe permitir modificar información del estudiante.	Alta
RF10	Listado de asistencia diaria	Debe mostrar asistentes, ausentes y tiempos de escaneo.	Media

3.1.1.3 Identificación de requisitos no funcionales.

Código	Requisito	Descripción	Prioridad
RNF01	Usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva para uso móvil.	Alta
RNF02	Seguridad	Los datos deben protegerse según Ley 1581 de 2012.	Alta
RNF03	Rendimiento	El escaneo QR debe validarse en menos de 2 segundos.	Media
RNF04	Disponibilidad	El sistema debe funcionar 99% del tiempo.	Media
RNF05	Escalabilidad	Debe permitir agregar más rutas sin rediseñar la arquitectura.	Media
RNF06	Compatibilidad	Debe funcionar en Chrome, Edge y navegadores móviles.	Media

3.1.2 Fase 2: Diseño del sistema

3.1.2.1 Diseño del modelo entidad-relación para Firestore.

Se elaboró el modelo entidad-relación adaptado a la estructura no relacional de Firebase Firestore, con el propósito de organizar de manera coherente la información y garantizar un flujo de datos consistente durante la operación del sistema. El diseño incluyó la identificación de cada colección principal, la definición de sus atributos clave y la caracterización de las relaciones lógicas entre entidades, teniendo en cuenta las particularidades de un motor NoSQL basado en documentos. De manera específica, se modelaron las colecciones relacionadas con usuarios, estudiantes, reservas de cupo, control previo de abordaje, asistencia mediante código QR, programación de rutas (busSlots) y reportes consolidados de asistencia, estableciendo reglas claras para los identificadores de documentos, las referencias lógicas y las restricciones de integridad propias del sistema. Este modelo permitió estructurar la base de datos de forma escalable, optimizada para consultas en tiempo real y completamente alineada con los requerimientos operativos definidos en la fase de análisis.

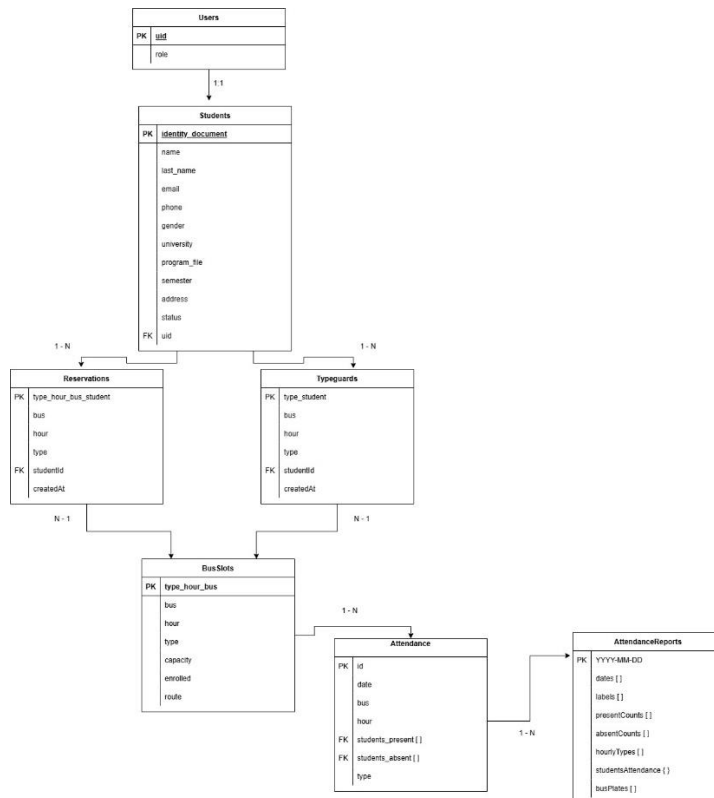


Imagen modelo entidad-relación

3.1.2.2 Construcción de diagramas de casos de uso para especificar funciones principales.

Se elaboró el diagrama de casos de uso para representar de manera clara las funciones principales que ofrece el aplicativo y la interacción de cada tipo de usuario con dichas funciones. Este diagrama permite visualizar de forma general el alcance funcional, delimitando responsabilidades y asegurando que los requerimientos identificados se traduzcan en funcionalidades concretas dentro de la plataforma.

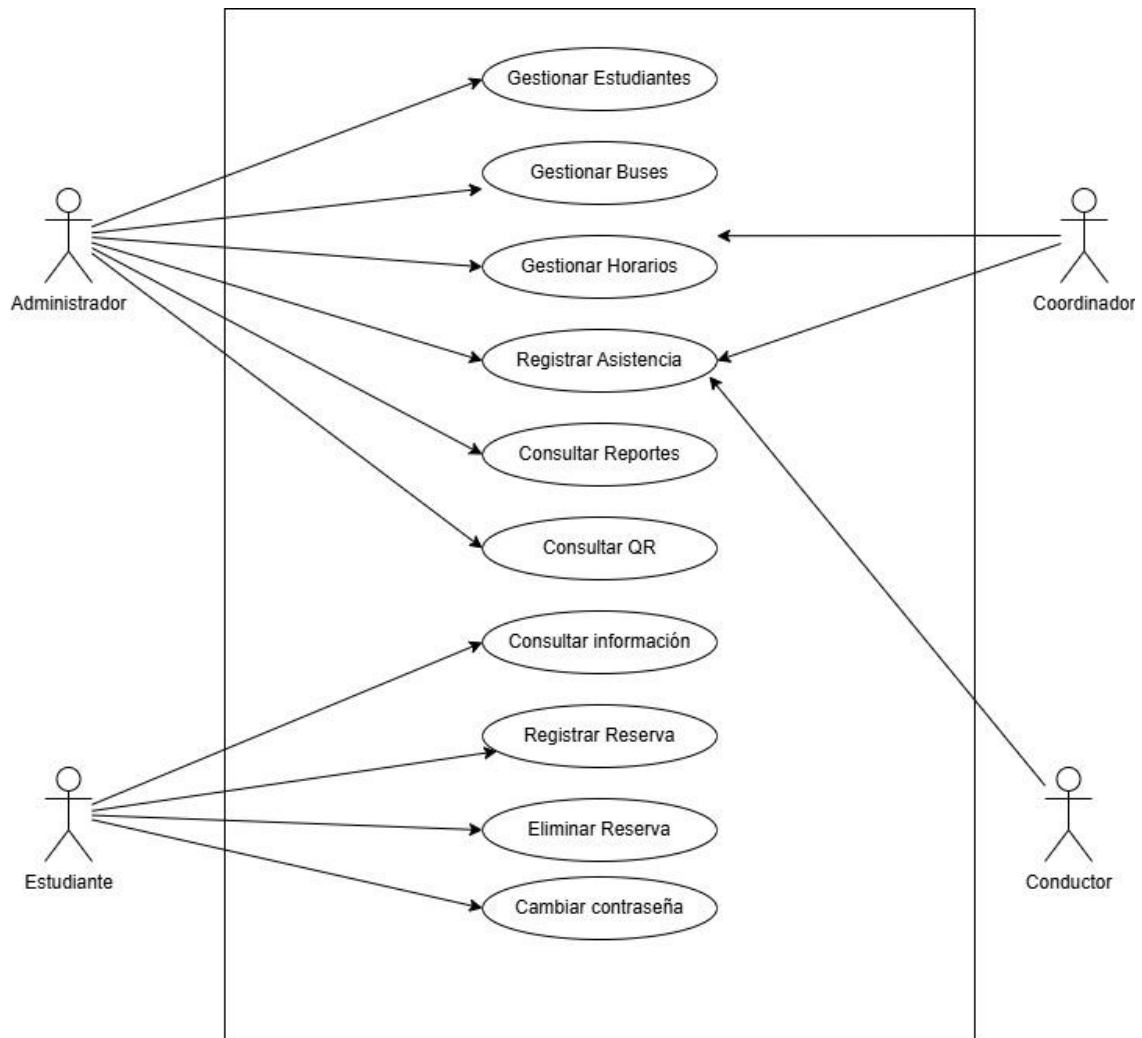


Imagen diagrama casos de uso

3.1.2.3 Diseño del flujo de navegación del sistema.

Este diseño garantiza una experiencia de uso coherente, intuitiva y alineada con los requerimientos funcionales identificados durante el levantamiento de requisitos. Para ello, se elaboraron diagramas secuenciales basado en arquitectura modular y rutas definidas según el rol del usuario (estudiante, administrador, coordinador).

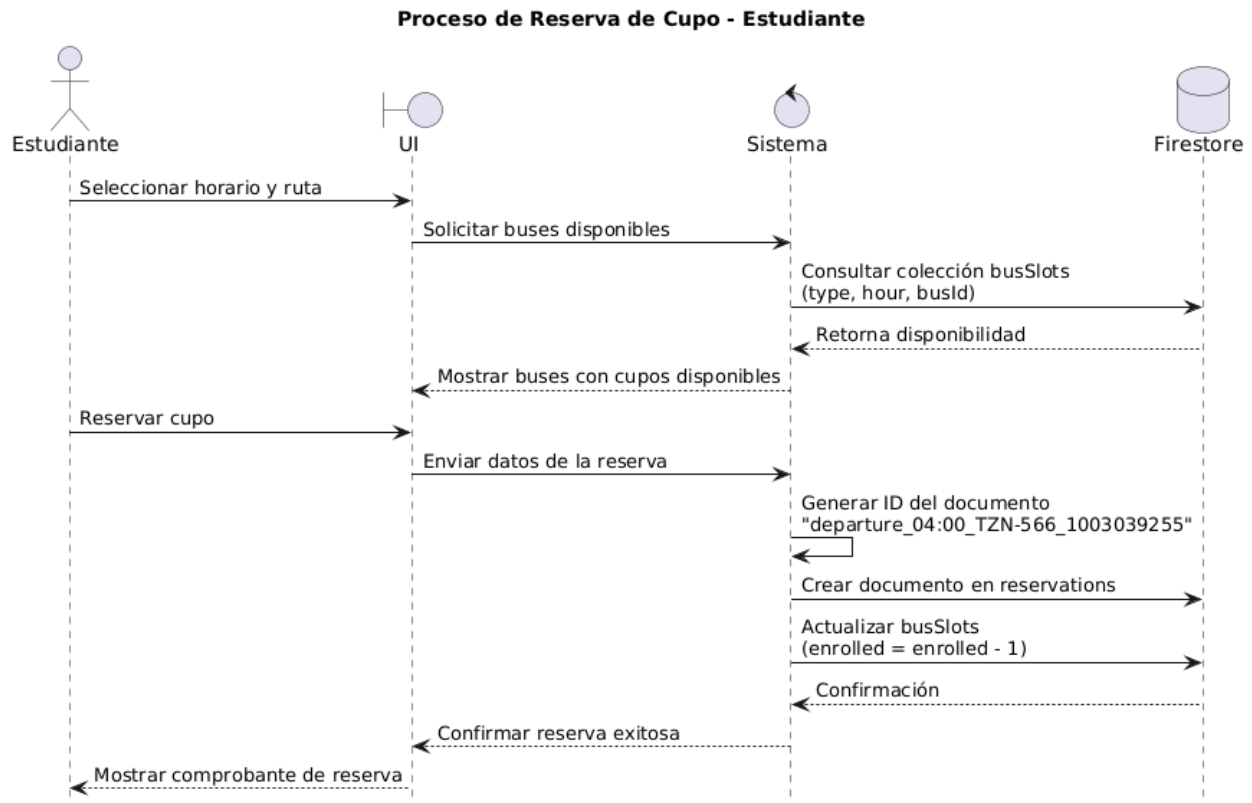


Imagen proceso de reserva de cupos

Validación de Asistencia con Código QR - Coordinador

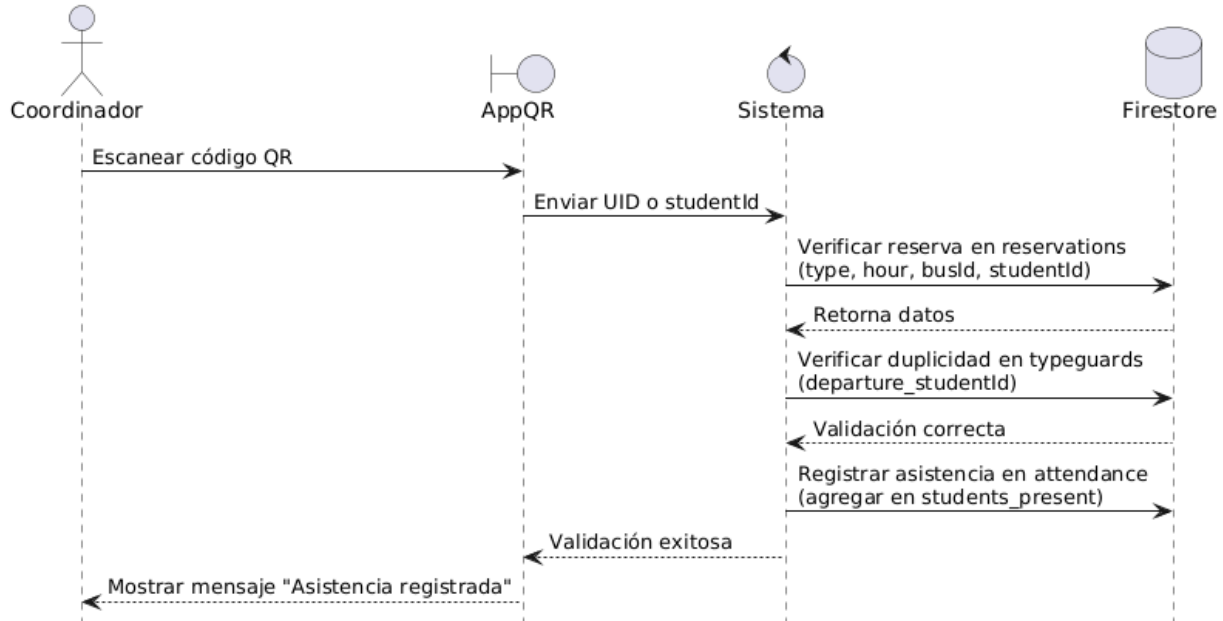


Imagen validación de asistencia

Generación de Reportes - Administrador

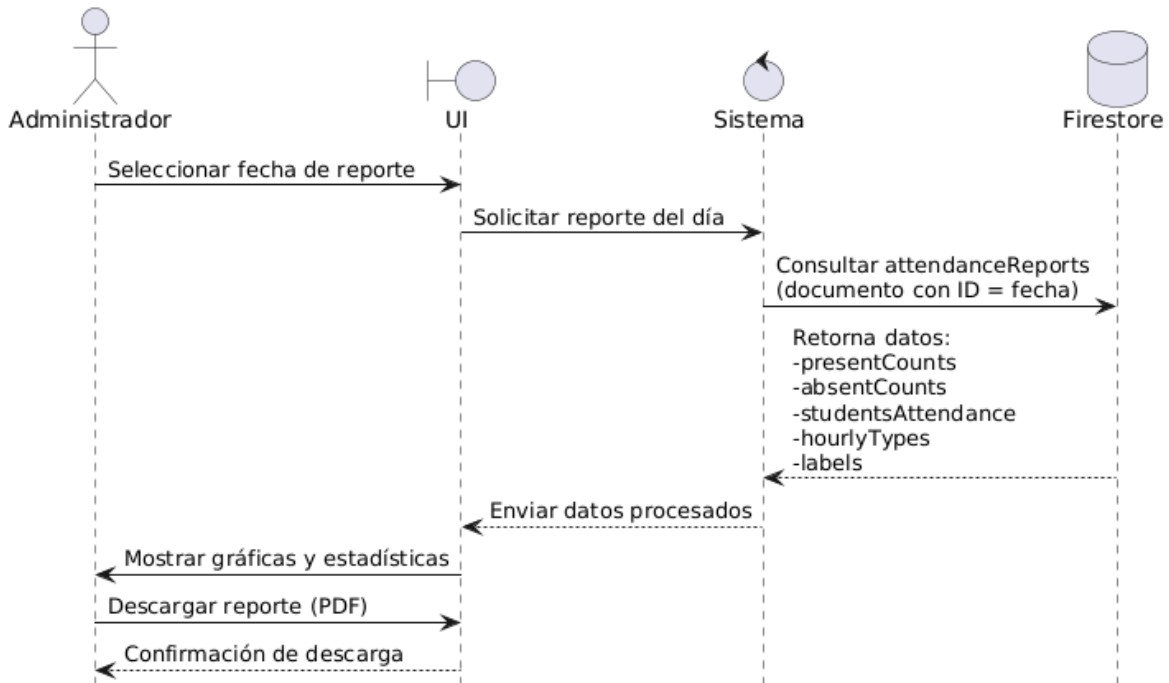


Imagen proceso generación de reportes

3.1.2.4 Elaboración de prototipos de interfaz (UI) de baja y media fidelidad.

Se construyeron las primeras versiones de las interfaces del aplicativo, orientadas a representar de manera funcional la estructura y el flujo general del sistema. Las interfaces de baja fidelidad permitieron definir la organización básica de pantallas, la secuencia de acciones del usuario y la distribución inicial de los elementos.

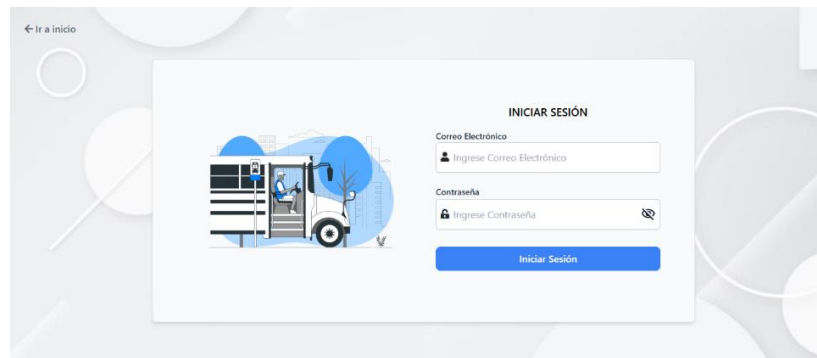


Imagen interfaz de inicio de sesión del aplicativo

3.1.2.5 Definición de los roles de usuario y reglas de seguridad.

Para garantizar un funcionamiento controlado y seguro del sistema, se definieron los distintos roles de usuario junto con sus permisos operativos. Estos roles permiten limitar las acciones disponibles según la responsabilidad de cada actor y asegurar la integridad de la información almacenada en Firestore.

Los roles establecidos fueron:

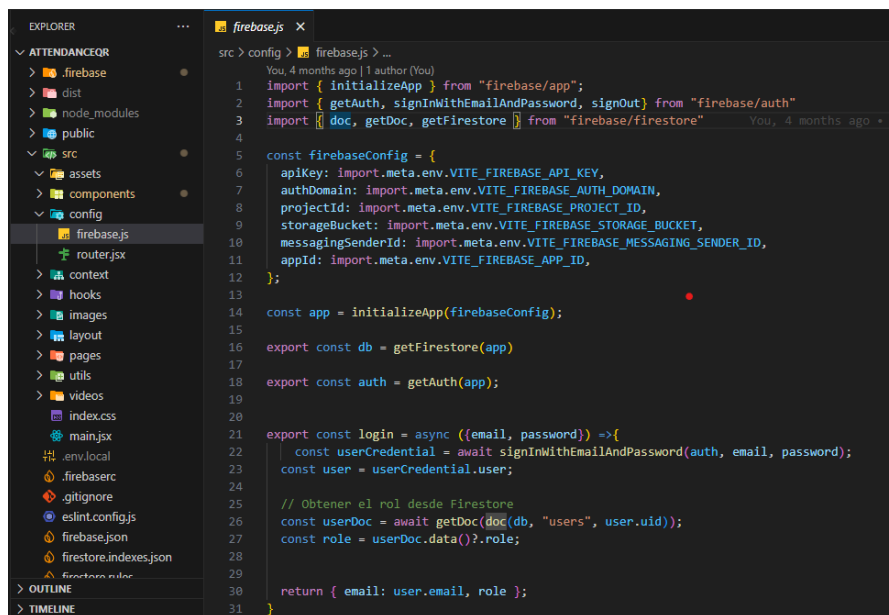
- **Estudiante:** puede iniciar sesión, visualizar buses y horarios disponibles, realizar una reserva por cada tipo de horario (salida y retorno) y mostrar su QR para control de asistencia.
- **Administrador:** tiene permisos completos para crear, editar y suspender estudiantes, gestionar buses, consultar reservas, generar reportes de asistencia y administrar accesos.
- **Coordinador:** puede escanear códigos QR, validar reservas, registrar asistencia en tiempo real y reportar inconsistencias.
- **Conductor:** puede consultar la lista de estudiantes asignados a su bus, verificar ocupación y registrar asistencia.

3.1.3 Fase 3: Desarrollo e implementación

Se llevó a cabo la construcción funcional del aplicativo siguiendo la metodología ágil propuesta, estructurada en sprints iterativos y de corta duración. Se desarrollaron módulos específicos del sistema, se validaron con usuarios clave y se realizaron ajustes continuos hasta consolidar una versión estable del prototipo. Las actividades principales se describen a continuación:

3.1.3.1 Configuración del entorno React, Firebase y Tailwind CSS.

Se inició con la preparación del entorno de desarrollo, instalando y configurando las tecnologías base del proyecto. Esto incluyó:



```
1 import { initializeApp } from "firebase/app";
2 import { getAuth, signInWithEmailAndPassword, signOut } from "firebase/auth";
3 import { doc, getDoc, getFirestore } from "firebase/firestore";
4
5 const firebaseConfig = {
6   apiKey: import.meta.env.VITE_FIREBASE_API_KEY,
7   authDomain: import.meta.env.VITE_FIREBASE_AUTH_DOMAIN,
8   projectId: import.meta.env.VITE_FIREBASE_PROJECT_ID,
9   storageBucket: import.meta.env.VITE_FIREBASE_STORAGE_BUCKET,
10  messagingSenderId: import.meta.env.VITE_FIREBASE_MESSAGING_SENDER_ID,
11  appId: import.meta.env.VITE_FIREBASE_APP_ID,
12 };
13
14 const app = initializeApp(firebaseConfig);
15
16 export const db = getFirestore(app);
17
18 export const auth = getAuth(app);
19
20
21 export const login = async ({email, password}) =>{
22   const userCredential = await signInWithEmailAndPassword(auth, email, password);
23   const user = userCredential.user;
24
25   // Obtener el rol desde Firestore
26   const userDoc = await getDoc(doc(db, "users", user.uid));
27   const role = userDoc.data()?.role;
28
29
30   return { email: user.email, role };
31 }
```

Imagen código integración de Firebase, servicios de Authentication, Firestore y Storage.

```
tailwind.config.js > ...
1  /** @type {import('tailwindcss').Config} */
2  export default {
3    content: [
4      "./index.html",
5      "./src/**/*.{js,ts,jsx,tsx}",
6    ],
7    theme: {
8      extend: {
9        backgroundImage: {
10         'fondo-bus': "url('./images/fondoBus.jpg')",
11       },
12     },
13   },
14   plugins: [],
15 }
16
17
18
```

Imagen código implementación de Tailwind CSS.

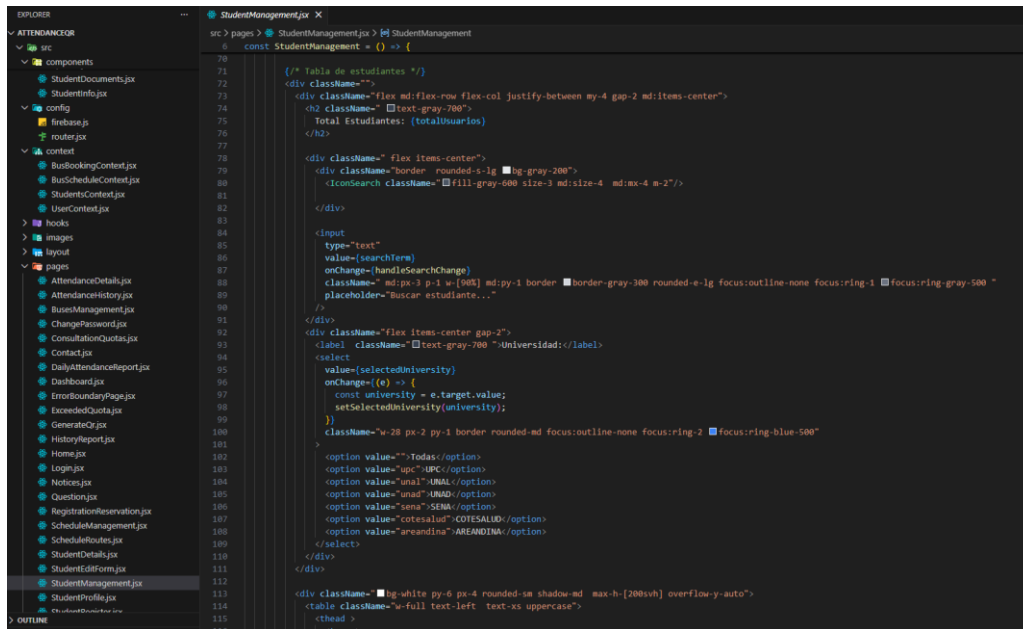
```
"dependencies": {
  "chart.js": "^4.4.4",
  "date-fns": "^4.1.0",
  "exceljs": "^4.4.0",
  "file-saver": "^2.0.5",
  "firebase": "^9.23.0",
  "formik": "^2.4.6",
  "framer-motion": "^12.0.6",
  "html5-qrcode": "^2.3.8",
  "jspdf": "^2.5.2",
  "keen-slider": "^6.8.6",
  "lodash": "^4.17.21",
  "qrcode.react": "^3.1.0",
  "react": "^18.3.1",
  "react-chartjs-2": "^5.2.0",
  "react-dom": "^18.3.1",
  "react-intersection-observer": "^9.16.0",
  "react-router-dom": "6.4",
  "sweetalert2": "^11.12.4",
  "yup": "^1.4.0"
},
"devDependencies": {
  "@eslint/js": "^9.8.0",
  "@types/react": "^18.3.3",
  "@types/react-dom": "^18.3.0",
  "@vitejs/plugin-react": "^4.3.1",
  "autoprefixer": "^10.4.20",
  "eslint": "^9.8.0",
  "eslint-plugin-react": "^7.35.0",
  "eslint-plugin-react-hooks": "^5.1.0-rc.0",
  "eslint-plugin-react-refresh": "^0.4.9",
  "globals": "^15.9.0",
  "postcss": "^8.4.41",
  "tailwindcss": "^3.4.9",
  "vite": "^5.4.0"
}
```

Imagen código de creación del entorno React 18 mediante Vite e integración de librerías complementarias.

3.1.3.2 Desarrollo de los módulos: gestión de estudiantes, gestión de buses, gestión de horarios, toma de asistencia, historial y generación de reportes.

- **Módulo gestión de estudiantes**

Permite registrar, actualizar y consultar la información de los estudiantes beneficiarios del transporte universitario. Incluye validaciones de datos, asociación con usuarios del sistema y administración centralizada del estado del estudiante. Facilita la trazabilidad y la organización de la base estudiantil.



```
src > pages > StudentManagement.js > StudentManagement
const StudentManagement = () => {
  70
  71  /* Tabla de estudiantes */
  72  <div className="">
  73    <div className="flex md:flex-row flex-col justify-between my-4 gap-2 md:items-center">
  74      <h2 className=""> Total Estudiantes: {totalUsuarios}
  75    </h2>
  76
  77    <div className=" flex items-center">
  78      <div className="border rounded-s-lg lg:gray-200">
  79        <input search className="" fill-gray-600 size-3 md:size-4 md:mx-4 m-2"/>
  80      </div>
  81
  82      <input
  83        type="text"
  84        value={searchTerm}
  85        onChange={handleSearchChange}
  86        className="md:px-3 p-1 w-[90%] md:py-1 border lg:gray-300 rounded-e-lg focus:outline-none focus:ring-1 focus:ring-gray-500"
  87        placeholder="Buscar estudiante..."
  88      />
  89    </div>
  90
  91    <div className="flex items-center gap-2">
  92      <div className="text-gray-700">Universidad:</div>
  93      <select
  94        value={selectedUniversity}
  95        onChange={e => {
  96          const university = e.target.value;
  97          setSelectedUniversity(university);
  98        }}
  99        className="w-28 px-2 py-1 border rounded-md focus:outline-none focus:ring-2 focus:ring-blue-500"
100      >
101        <option value="">Todas</option>
102        <option value="upc">UPC</option>
103        <option value="unil">UNIL</option>
104        <option value="unad">UNAD</option>
105        <option value="sena">SENA</option>
106        <option value="cotesalud">COTESALUD</option>
107        <option value="areandina">AREANDINA</option>
108      </select>
109    </div>
110  </div>
111
112  <div className="bg-white py-6 px-4 rounded-sa shadow-md max-h-[200px] overflow-y-auto">
113    <table className="w-full text-left text-xs uppercase">
114      <thead >
115        <tr>
116
```

Imagen código del módulo gestión estudiantes

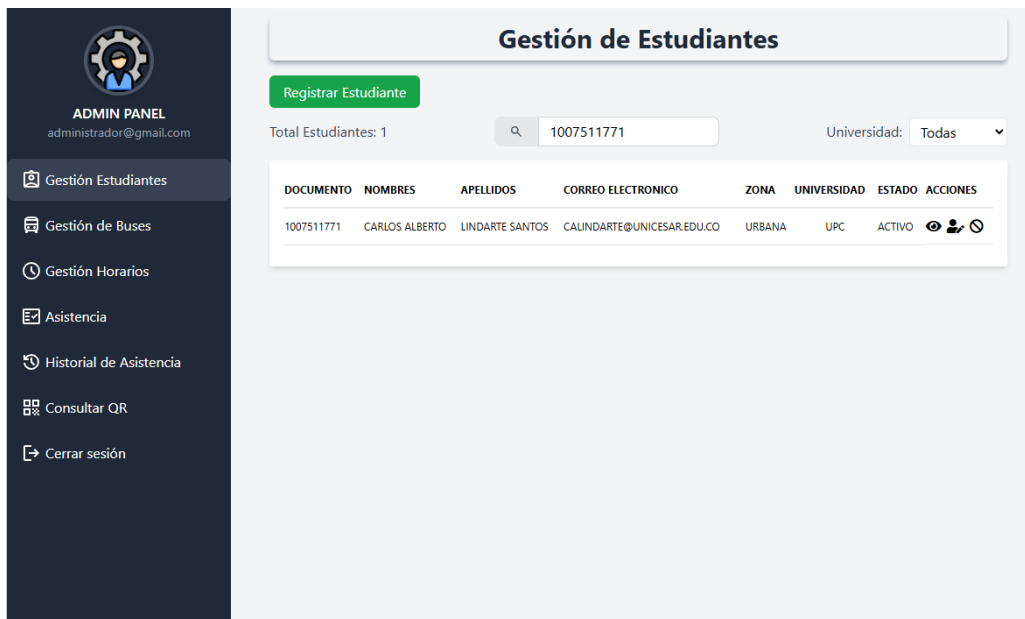


Imagen interfaz Gestión de estudiantes

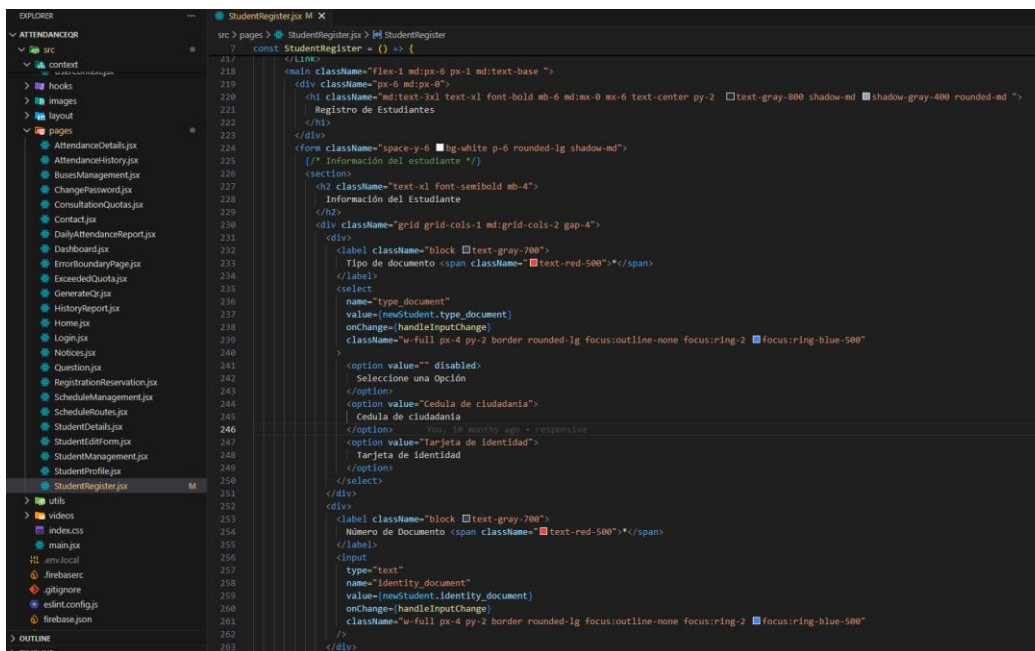


Imagen código registro de estudiantes



ADMIN PANEL
administrador@gmail.com

- Gestión Estudiantes
- Gestión de Buses
- Gestión Horarios
- Asistencia
- Historial de Asistencia
- Consultar QR
- Cerrar sesión

[← Atrás](#)

Registro de Estudiantes

Información del Estudiante

Tipo de documento *	Número de Documento *
<input type="text" value="Seleccione una Opción"/>	<input type="text"/>
URL Foto del Estudiante	Nombres *
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Apellidos *	Correo Electrónico *
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Genero *	Contraseña *
<input type="text" value="Seleccione una Opción"/>	<input type="password"/>
Teléfono Celular *	Zona *
<input type="text"/>	<input type="text" value="Seleccione una Opción"/>
Ubicación	Dirección
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Centro Educativo *	Carrera que Cursa
<input type="text" value="Seleccione una Opción"/>	<input type="text"/>
Semestre	Ficha del Programa
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha de Culminación	Número de Carnet
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Imagen interfaz formulario de registro de estudiantes

ADMIN PANEL
administrador@gmail.com

- [Gestión Estudiantes](#)
- [Gestión de Buses](#)
- [Gestión Horarios](#)
- [Asistencia](#)
- [Historial de Asistencia](#)
- [Consultar QR](#)
- [Cerrar sesión](#)

← Atrás

Detalles de Asistencia

Fecha: 19/11/2025
Placa: TLW-993
Tipo Horario: Salida
Hora: 12:00

Análisis de Asistencia

Presentes:	Ausentes:
• ID: 1003381855 - Nombre: DIANA VALENTINA ABELLO FLOREZ	• ID: 1065578081 - Nombre: SEBASTIAN CAMILO ROMERO JEREZ
• ID: 1003391410 - Nombre: SHAIRYS GUERRA BARRAZA	• ID: 1065590386 - Nombre: KEVIN ADRIAN NORIEGA PASTAS
• ID: 1065583031 - Nombre: GISETH PASTORA BAÑO PAYARES	• ID: 1065596858 - Nombre: ELIANA MARCELA CANTILLO SEPULVEDA
• ID: 1065586543 - Nombre: LOANA MONROY SOTO	• ID: 1067611066 - Nombre: LUIS DAVID MENDOZA SANCHEZ
• ID: 1065858187 - Nombre: KEILIN DURAN PINEDA	• ID: 1067714209 - Nombre: CARMEN YULIETH MELO CAÑAS

Imagen interfaz detalles de asistencias

ADMIN PANEL
administrador@gmail.com

- [Gestión Estudiantes](#)
- [Gestión de Buses](#)
- [Gestión Horarios](#)
- [Asistencia](#)
- [Historial de Asistencia](#)
- [Consultar QR](#)
- [Cerrar sesión](#)

← Atrás

Historial de Reporte

Resumen Diario Resumen Mensual

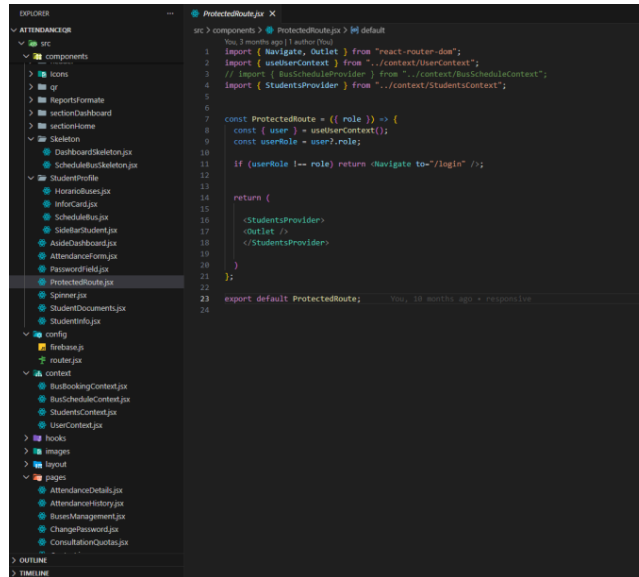
noviembre 📄

Documento	Nombre	Apellido	Universidad	Total Asistencias	Total Inasistencias
1638896	TATIANA ALEJANDRA	CASTILLO AGUIAR	UPC	9	0
18999191	JHON ALBERTO	BAÑO LÓPEZ	SENA	6	0
1002072286	YORLEY JOSE	JIMENEZ HERRERA	UPC	8	0
1003039255	EDUARDO ANDRES	SANCHEZ BLANCO	SENA	8	1
1003167021	DARCILIS	PACHECO TORRES	UPC	11	0
1003203587	MARBELLY LORRAINE	SALAS PADILLA	UPC	6	1
1003266553	JORGE ARMANDO	NABARRO MIRANDA	SENA	5	1
1003266591	SEBASTIAN JOSE	GUERRA MARTÍNEZ	UPC	5	0
1003275721	LAURITH LORENA	CHONA URIZA	SENA	10	0
1003275730	YIHANNA SOFIA	COSTA ARANDA	AREANDINA	3	2
1003377224	ANDRES FELIPE	LOPEZ TELLEZ	UPC	8	0
1003379602	JUAN CAMILO	NIETO MONTERO	UPC	6	0
1003381855	DIANA VALENTINA	ABELLO FLOREZ	UPC	10	0
1003390678	GILBERTO JOSE	MARRIAGA RIVERA	UPC	3	0
1003390820	JHON JASSIR	VANEGAS OROZZO	UPC	8	0
1003390881	ANGEL DAVID	BALLESTEROS RUIZ	AREANDINA	10	1

Imagen interfaz reportes diarios y mensuales

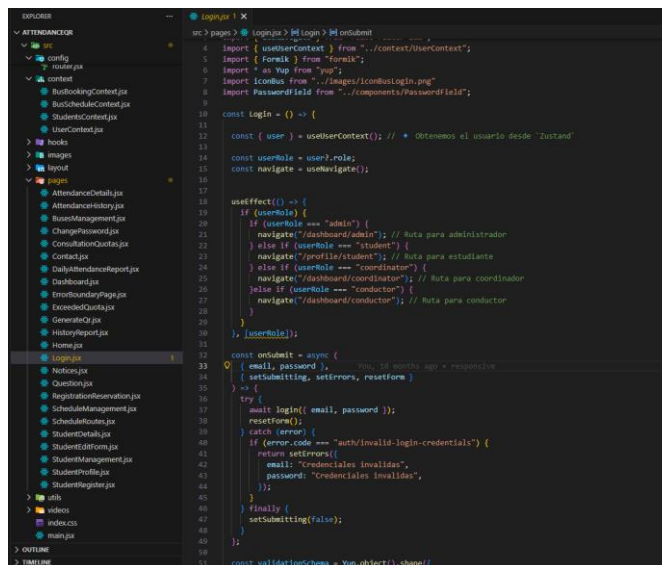
3.1.3.3 Integración de la autenticación por roles.

La aplicación valida automáticamente los permisos, protege las rutas según el tipo de usuario y aplica reglas de seguridad en Firestore para restringir operaciones no autorizadas. Este mecanismo garantiza un ingreso seguro y un manejo adecuado de la información según las responsabilidades de cada actor.



```
1 import { useState } from "react";
2 import { Navigate, Outlet } from "react-router-dom";
3 import { useUserContext } from "../context/UserContext";
4 import { BusScheduleProvider } from "../context/BusScheduleContext";
5 import { StudentProvider } from "../context/StudentContext";
6
7 const ProtectedRoute = ({ role }) => {
8   const { user } = useUserContext();
9   const userRole = user?.role;
10
11   if (userRole !== role) return <Navigate to="/login" />;
12
13   return (
14     <StudentsProvider>
15       <Outlet />
16     </StudentsProvider>
17   );
18 };
19
20 export default ProtectedRoute;
```

Imagen código componente que protege las rutas



```
1 import { useState } from "react";
2 import { useUserContext } from "../context/UserContext";
3 import { Formik } from "formik";
4 import * as Yup from "yup";
5 import IconBus from "../images/iconBusLogin.png";
6 import PasswordField from "../components/PasswordField";
7
8 const login = () => {
9   const { user } = useUserContext(); // Obtenemos el usuario desde Zustand
10   const userRole = user?.role;
11   const navigate = useNavigate();
12
13   useEffect(() => {
14     if (userRole === "admin") {
15       navigate("/dashboard/admin"); // Ruta para administrador
16     } else if (userRole === "student") {
17       navigate("/profile/student"); // Ruta para estudiante
18     } else if (userRole === "coordinator") {
19       navigate("/dashboard/coordinator"); // Ruta para coordinador
20     } else if (userRole === "conductor") {
21       navigate("/dashboard/conductor"); // Ruta para conductor
22     }
23   }, [userRole]);
24
25   const onSubmit = async (
26     { email, password }, // yup, 16 months ago + responsive
27     { setSubmitting, setErrors, resetForm }
28   ) => {
29     try {
30       await login(email, password);
31       resetForm();
32     } catch (error) {
33       if (error.code === "auth/invalid-login-credentials") {
34         return setErrors({
35           email: "credenciales invalidas",
36           password: "credenciales invalidas",
37         });
38       }
39     }
40     finally {
41       setSubmitting(false);
42     }
43   };
44
45   const validationSchema = Yup.object().shape({
46     email: Yup.string().email("Correo electrónico inválido").required("El correo electrónico es obligatorio"),
47     password: Yup.string().required("La contraseña es obligatoria").min(6, "La contraseña debe tener al menos 6 caracteres").max(12, "La contraseña no puede tener más de 12 caracteres").
48   });
49
50   return (
51     <Formik
52       initialValues={{ email: "", password: "" }}
53       validationSchema={validationSchema}
54       onSubmit={onSubmit}
55     >
56       <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;">
57         <input type="text" value={values.email} style="width: 150px; height: 30px; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; padding: 5px 10px; margin: 0 5px;"/>
58         <input type="password" value={values.password} style="width: 150px; height: 30px; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; padding: 5px 10px; margin: 0 5px;"/>
59         <button type="submit" value="Iniciar Sesión" style="background-color: #007bff; color: white; padding: 10px 20px; border: none; border-radius: 5px; font-weight: bold; cursor: pointer; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
60       </div>
61     </Formik>
62   );
63 };
64
65 export default login;
```

Imagen código que valida los permisos automáticamente de cada rol y redirige a su interfaz

3.1.3.4 Implementación de reglas de seguridad y validación de datos.

Se configuraron las reglas de seguridad de Firestore para controlar el acceso a la información según el rol del usuario, asegurando que cada actor solo pudiera realizar las operaciones permitidas (por ejemplo, estudiantes gestionan sus reservas y administradores administran todo el sistema). Además, se aplicaron validaciones de datos en el cliente y en la base de datos para garantizar que la información registrada fuera correcta y consistente, evitando reservas duplicadas, datos incompletos o modificaciones no autorizadas. Estas medidas garantizaron la integridad y confiabilidad del sistema.

```
// Verificar si el usuario está autenticado
function isAuthenticated() {
  return request.auth != null;
}

// Obtener el rol del usuario autenticado desde la colección "users"
function hasRole(role) {
  return get(/databases/{database}/documents/users/{request.auth.uid}).data.role == role;
}

// "busSlots": Admin y coordinador pueden asignar horarios y resetear cupos
match /busSlots/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "typeGuards" Valida por tipo de horario y id de estudiante
match /typeGuards/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "reservations" Guarda la reserva del estudiante
match /reservations/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "attendance": Admin y coordinador pueden gestionar asistencia
match /attendance/{document} {
  allow read, write, update, delete: if hasRole("admin") || hasRole("coordinator") || hasRole("conductor");
}

// "students": Admin puede gestionar estudiantes, pero coordinadores no
match /students/{uid} {
  allow read,write: if isAuthenticated() ;
}

// "users"
match /users/{uid} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

match /attendanceReports/{document} {
  allow read, write: if isAuthenticated();
}
```

Imagen reglas de seguridad implementadas mediante Firebase.

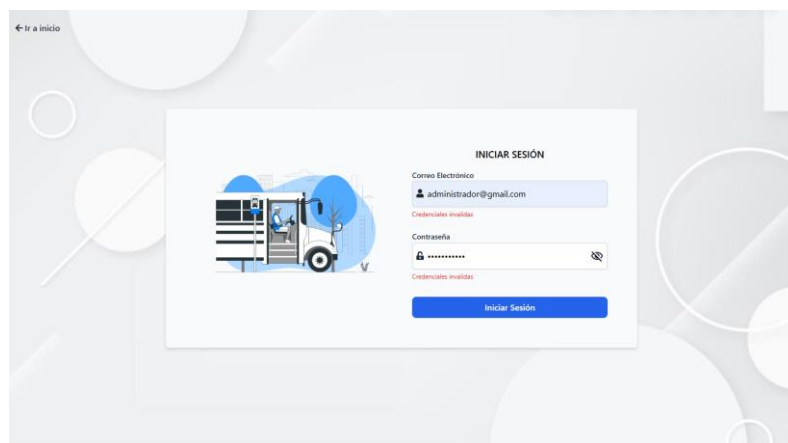


Imagen interfaz validación acceso por rol

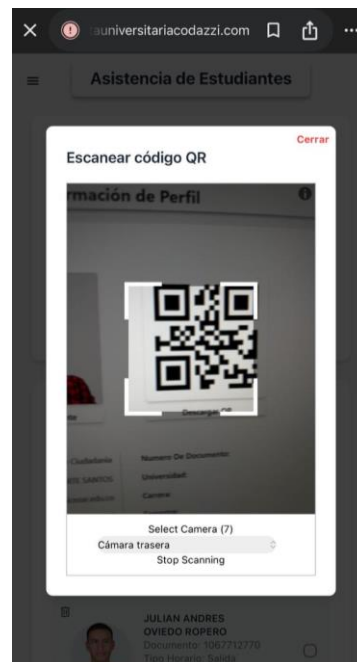
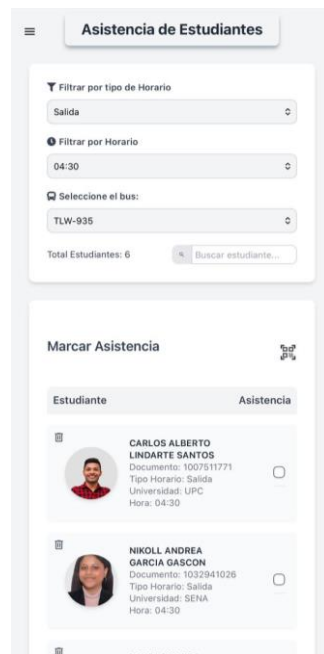
3.1.4 Fase 4: Prueba piloto y validación

La fase de prueba piloto consistió en la implementación del sistema en un entorno real de operación con estudiantes del municipio de Agustín Codazzi, con el objetivo de evaluar su desempeño funcional, su usabilidad y su capacidad para responder a las necesidades del servicio de transporte universitario. Esta etapa permitió observar el comportamiento del aplicativo frente a situaciones reales de uso y validar la pertinencia de las decisiones técnicas adoptadas.

Las principales actividades desarrolladas fueron:

3.1.4.1 Ejecución de pruebas de escaneo QR en condiciones reales

Se realizaron sesiones de validación de asistencia en puntos de abordaje y descenso utilizando dispositivos móviles del personal administrativo. Esto permitió comprobar la velocidad de lectura del código, la correcta identificación del estudiante y la precisión del registro automático en Firestore. Se evaluaron situaciones como conexiones inestables, poca iluminación, aglomeraciones y diferentes tamaños de pantalla.



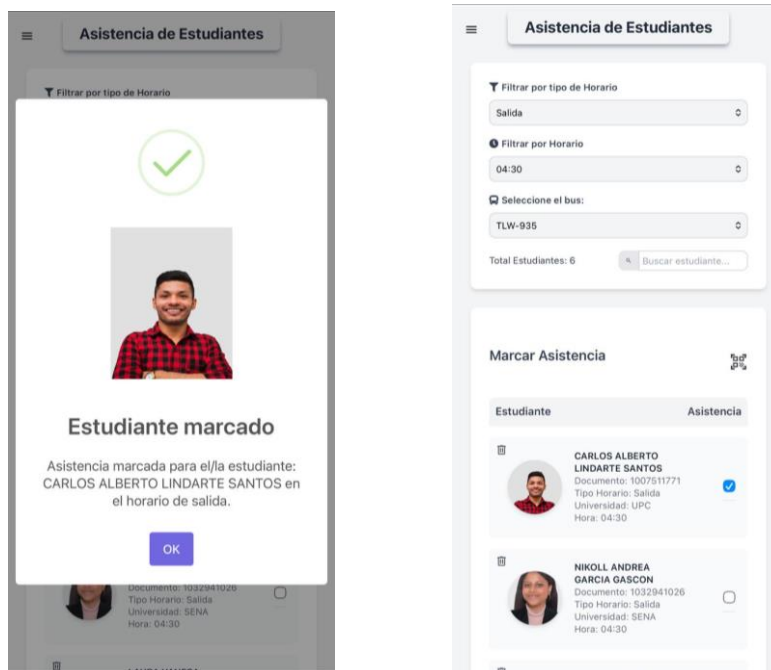


Imagen prueba validación de escaneo código qr

3.1.4.2 Recolección de métricas operativas

Se recopilieron las métricas de rendimiento generadas automáticamente por Firestore durante 30 días de uso continuo del sistema. Estas estadísticas permitieron evaluar la eficiencia de las consultas, los tiempos de respuesta, la carga del sistema y la estabilidad de la plataforma bajo condiciones reales de operación.

Los resultados evidencian que el sistema mantuvo una latencia estable entre 26 ms y 105 ms, dependiendo del tipo de consulta, valores adecuados para aplicaciones web en tiempo real. Las colecciones más consultadas fueron *attendance*, *students*, *reservations* y *typeGuards*, lo que coincide con los módulos más utilizados por estudiantes y coordinadores durante el proceso de reserva y validación de asistencia.

Además, los reportes mostraron un número de ejecuciones entre 5 y 20 consultas por colección, y un volumen de documentos analizados acorde al flujo real del servicio, confirmando la correcta indexación y optimización de Firestore.

Estadísticas de consultas

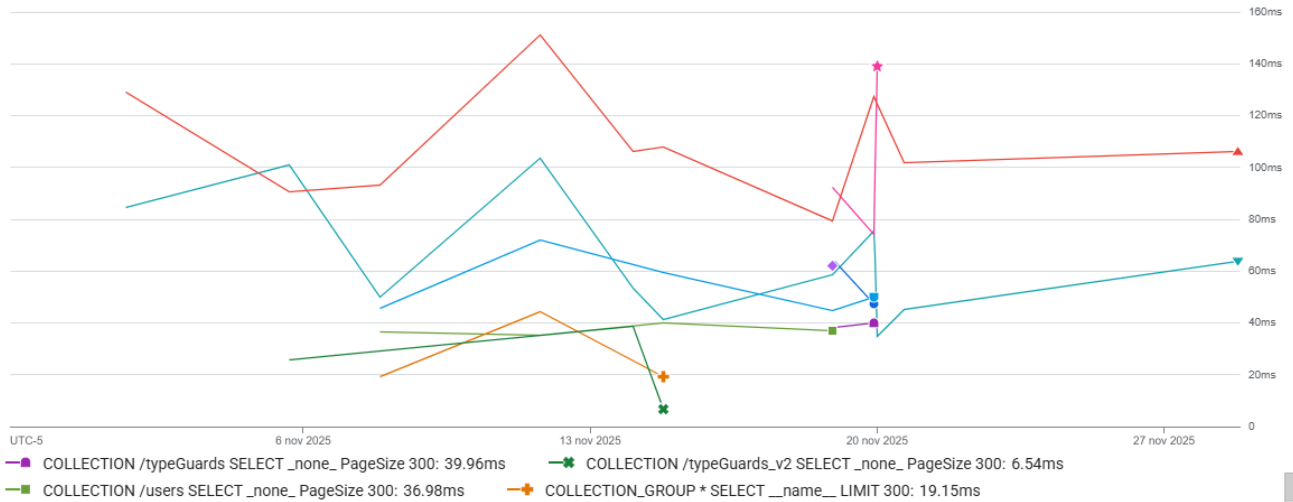
Detecta y analiza problemas de rendimiento de las consultas. [Más información](#)

6 horas 1 día 7 días **✓ 30 días** Personalizado

Los datos nuevos pueden tardar entre 1 y 2 horas en aparecer.

Búsquedas más frecuentes por carga

Tipo de carga
Latencia (ms)



Consulta	↓ Latencia (ms)*	Ejecuciones	Documentos analizados*	Entradas del índice analizadas*	Resultados devueltos*
COLLECTION /attendance SELECT _none...	105	18	301	301	300
COLLECTION /attendanceReports SELEC...	99	6	79	79	79
COLLECTION /busSchedules SELECT _no...	62	3	10	10	10
COLLECTION * SELECT __collection__ Pa...	60	20	18.85	18.85	11
COLLECTION /students SELECT _none_ P...	54	13	255.846	255.846	255
COLLECTION /reservations SELECT _non...	54	5	301	301	300
COLLECTION /typeGuards SELECT _none...	39	3	301	301	300
COLLECTION /users SELECT _none_ Pag...	37	12	228.833	228.833	228.083
COLLECTION /typeGuards_v2 SELECT _n...	29	6	157	157	156.667
COLLECTION_GROUP * SELECT __name__...	26	14	0	0	0

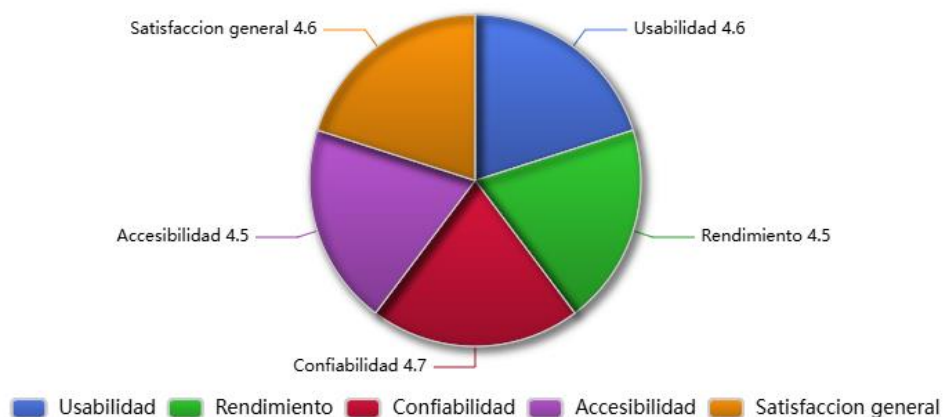
Estas métricas constituyen evidencia del buen desempeño del backend, la eficiencia del modelo de datos y la estabilidad del sistema en un ambiente operativo real.

3.1.4.3 Aplicación de encuestas de satisfacción

Se aplicaron encuestas digitales a estudiantes, coordinadores y administradores, enfocadas en usabilidad, claridad de la interfaz, rapidez del proceso y percepción general del sistema. Los resultados evidenciaron un alto nivel de aceptación y destacaron la reducción del tiempo de registro y de congestión al momento de abordar.

Ítem evaluado	Pregunta aplicada	Escala	Resultado promedio	Interpretación
Usabilidad del sistema	¿Qué tan fácil fue usar la plataforma para reservar su cupo?	1–5	4.6	Los estudiantes perciben la plataforma como muy fácil de usar
Claridad de la interfaz	¿Considera que la interfaz es clara y entendible?	1–5	4.6	La mayoría comprende el funcionamiento sin necesidad de asistencia adicional
Tiempo de respuesta	¿El sistema respondió rápidamente al realizar acciones (reserva, consulta, etc.)?	1–5	4.5	Los tiempos de carga fueron adecuados para los usuarios
Fiabilidad del escaneo QR	¿El proceso de validación mediante QR funcionó correctamente?	1–5	4.7	Los estudiantes reconocen el QR como método eficiente y confiable
Disponibilidad de horarios y buses	¿Encontró fácilmente los horarios disponibles?	1–5	4.5	La información de horarios fue accesible y clara
Satisfacción global con la plataforma	¿Qué tan satisfecho está con el sistema en general?	1–5	4.6	Excelente aceptación del sistema
Facilidad para generar la reserva	¿El proceso de reserva fue rápido y sencillo?	1–5	4.6	El flujo de reserva resultó ágil y eficiente
Confiabilidad del sistema	¿El sistema evitó errores o reservas duplicadas correctamente?	1–5	4.7	Los controles implementados funcionan adecuadamente
Percepción de mejora frente al método anterior	¿El sistema actual es mejor que el proceso manual utilizado anteriormente?	Sí / No	98% Sí	Amplia aceptación del cambio tecnológico.
Recomendación del sistema	¿Recomendaría este sistema para continuar siendo utilizado?	1–5	4.8	Alto nivel de aprobación y recomendación.

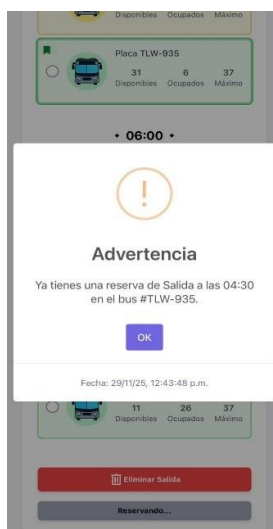
Valoración Global de los Usuarios



3.1.4.4 Ajustes derivados de la retroalimentación


La retroalimentación recopilada durante la prueba piloto permitió identificar oportunidades de mejora en el funcionamiento del sistema. Con base en esta información, se realizaron ajustes orientados a optimizar la experiencia del usuario y fortalecer la fiabilidad operativa del aplicativo. Entre las modificaciones implementadas se destacan:

- **Ajuste en la lógica de reservas:** Se reforzó el mecanismo de validación para impedir que un estudiante pudiera registrar más de una reserva por tipo de horario (salida o retorno). Este control redujo casos de duplicidad y garantizó una correcta asignación de cupos disponibles.



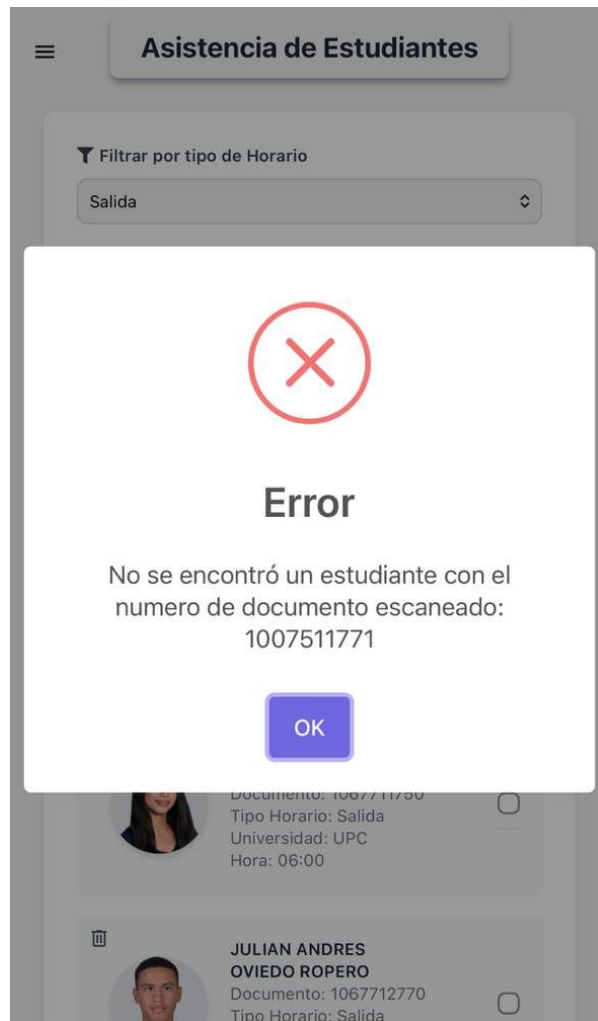
- **Optimización del historial y consultas a Firestore:** Se implementaron mejoras en la gestión y carga de datos del módulo de historial, utilizando filtros más eficientes y consultas indexadas. Esto permitió disminuir significativamente los tiempos de respuesta durante la visualización de registros de asistencia y movimientos históricos.

27/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
27/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
27/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
26/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
26/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
26/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
26/11/2025	Salida	06:00	TLW-993
25/11/2025	Retorno	17:30	TLW-937
25/11/2025	Salida	12:00	TLW-993
24/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
24/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
24/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
21/11/2025	Salida	12:00	TLW-993
21/11/2025	Salida	06:00	TLW-993
21/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
21/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
21/11/2025	Salida	04:00	TZN-566

 Cargar mas

[Reportes Diarios](#)

- **Mejoras en el proceso de escaneo QR:** Se añadió validación adicional para detectar códigos expirados o sesiones repetidas, evitando errores al momento de registrar la asistencia.



Estos ajustes permitieron consolidar la estabilidad y confiabilidad del sistema, asegurando un desempeño más eficiente, una experiencia de usuario más clara y una operación consistente en condiciones reales de uso.

3.1.5 Fase 5: Documentación y cierre del proyecto

La última fase del proyecto estuvo orientada a consolidar los resultados obtenidos y dejar los insumos necesarios para la continuidad, mantenimiento y adecuada comprensión del sistema desarrollado. En esta etapa se generó la documentación formal y se realizaron actividades de cierre académico e institucional. Las principales acciones realizadas fueron:

• **Elaboración del Manual de Usuario**

Se desarrolló un manual detallado dirigido a los diferentes perfiles del sistema (estudiante, administrador, supervisor y conductor). El documento incluye instrucciones de acceso, navegación por los módulos, procedimientos para realizar reservas, validaciones QR, revisión de historial y generación de reportes.

Su propósito es garantizar que los usuarios puedan operar el sistema de manera autónoma, segura y eficiente (ver Anexo E).

• **Socialización del Proyecto**

El sistema y sus resultados fueron presentados ante los coordinadores y actores involucrados en el servicio de transporte universitario.

La socialización incluyó:

- ✓ demostración en vivo del funcionamiento del aplicativo,
- ✓ explicación de módulos clave,
- ✓ presentación de métricas de desempeño,
- ✓ análisis de impacto y viabilidad.



3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló a partir de la información obtenida durante la prueba piloto, las métricas capturadas en Firebase, las encuestas de satisfacción aplicadas a los usuarios y la comparación entre los procesos manuales iniciales y el funcionamiento del aplicativo en condiciones reales. Este análisis se organiza en relación con los objetivos específicos, los requisitos establecidos en la fase de levantamiento y la metodología aplicada.

3.2.1 Cumplimiento de los objetivos y requisitos funcionales

Los resultados evidencian que el sistema logró automatizar de manera efectiva los procesos más críticos del programa de transporte universitario, cumpliendo con los requisitos funcionales definidos en la Fase 1. La plataforma permitió:

- Registrar estudiantes y mantener sus datos actualizados.
- Gestionar buses y horarios de forma centralizada.
- Permitir que cada estudiante realizara una única reserva por tipo de trayecto (salida o retorno).
- Validar asistencia mediante códigos QR en tiempo real.
- Generar reportes automáticos para la administración del servicio.

La operación en condiciones reales confirmó que el sistema eliminó dificultades previas como la duplicidad de cupos, inconsistencias en las listas manuales, falta de control en la asistencia y errores en la asignación de horarios. La evidencia gráfica de este funcionamiento ya fue presentada en la Fase 4.

3.2.2 Rendimiento y estabilidad del sistema

Durante los 30 días de uso continuo, Firebase registró métricas sólidas de desempeño. El monitoreo evidenció:

- Tiempos de carga y respuesta estables, incluso en horarios de mayor demanda.
- Lecturas y escrituras óptimas en las colecciones clave, sin presentar fallas de disponibilidad.

- Uso intensivo del módulo de reservas y asistencias, demostrando alta adopción por parte de los estudiantes.

Estas métricas —presentadas en la Fase 4— demuestran que la arquitectura React + Firebase fue adecuada para un entorno real, con un comportamiento robusto, escalable y seguro.

3.2.3 Percepción de los usuarios y aceptación del sistema

Las encuestas aplicadas a más de 250 estudiantes revelaron altos niveles de satisfacción con el uso del aplicativo. Los usuarios destacaron:

- Facilidad para reservar cupos.
- Rapidez y claridad del proceso de validación mediante QR.
- Mayor organización y transparencia en la asignación de cupos y asistencia.
- Mejora percibida del servicio en comparación con el método manual anterior.

Los resultados cuantitativos se presentan en la Fase 4 (ver 3.1.4.3 aplicación de encuestas de satisfacción), mediante tablas, gráficos que resumen la experiencia de los usuarios en términos de usabilidad, eficiencia y confiabilidad del sistema.

Estos resultados muestran que la interfaz fue intuitiva y que la adopción tecnológica fue favorable incluso para usuarios con poca experiencia digital.

3.2.4 Discusión metodológica: coherencia entre lo planeado y lo ejecutado

El enfoque mixto resultó fundamental para comprender el problema y validar la solución:

- La fase cualitativa permitió identificar las necesidades reales y los puntos críticos del servicio a través de entrevistas.
- La fase cuantitativa, mediante métricas de Firebase y encuestas, permitió medir objetivamente la eficiencia del sistema.
- La metodología ágil Scrum facilitó incorporar ajustes en cada sprint, optimizando

continuamente la lógica de reservas, el rendimiento del historial y la usabilidad de la plataforma.

Este proceso coherente entre planeación y ejecución garantizó que el sistema evolucionara de forma alineada con los requerimientos del servicio.

3.2.5 Comparación entre el sistema manual inicial y la solución automatizada

El análisis comparativo evidenció mejoras significativas:

Proceso evaluado	Método manual previo	Con el aplicativo	Mejora lograda
Registro de asistencia	Listas en papel sin validación	Escaneo QR con verificación automática	Mayor precisión y cero duplicidades
Asignación de cupos	Informal y con errores	Reservas centralizadas con reglas	Transparencia y equidad
Reportes	Elaboración manual lenta	Reportes automáticos	Ahorro significativo de tiempo
Seguimiento histórico	No existía una base de datos unificada	Historial detallado por estudiante, bus y hora	Trazabilidad completa
Supervisión operativa	Difícil de controlar	Validación en tiempo real	Mejor gestión del servicio

Los resultados confirman mejoras en eficiencia, transparencia, control y organización interna.

3.2.6 Impacto institucional y social del sistema

Los resultados demuestran que el sistema fortaleció la operación del transporte universitario y benefició directamente a los estudiantes. Entre los impactos más relevantes se encuentran:

- Mayor equidad en el acceso, evitando sobrecupos y asignaciones irregulares.
- Mejora en la continuidad académica, al asegurar un transporte confiable.
- Reducción de la carga laboral del personal, gracias a la automatización.
- Disponibilidad de datos para toma de decisiones, facilitando la gestión institucional.
- Posibilidad de replicar la solución en otros municipios con características similares.

El proyecto demuestra que la incorporación de tecnologías digitales no solo mejora procesos, sino que también tiene un efecto positivo en la calidad del servicio y en la experiencia de los usuarios.

Conclusiones basadas en los resultados:

El sistema desarrollado logró cumplir con los objetivos específicos del proyecto, resolver los problemas identificados en el diagnóstico inicial y mejorar significativamente la operación del transporte universitario en Agustín Codazzi. La evidencia empírica, las métricas del sistema, la percepción de los usuarios y la comparación funcional respaldan la efectividad y pertinencia de la solución tecnológica implementada.

3.3 CONCLUSIONES

✓ El desarrollo e implementación del sistema web para la gestión del transporte universitario permitió construir un prototipo funcional capaz de automatizar la reserva de cupos, el control de asistencia mediante códigos QR y la generación de reportes operativos en tiempo real, mejorando significativamente la eficiencia del servicio.

✓ Las fases de levantamiento de requisitos, diseño del modelo de datos en Firestore y definición de roles fueron determinantes para estructurar una solución coherente con las necesidades reales del municipio, garantizando la trazabilidad de la información y evitando errores típicos de los procesos manuales previos.

✓ La integración de autenticación por roles, reglas de seguridad y validación de datos en Firebase fortaleció la protección de la información y permitió establecer un control preciso sobre las acciones que cada tipo de usuario puede realizar dentro del sistema, favoreciendo un uso seguro y ordenado de la plataforma.

✓ La prueba piloto en condiciones reales evidenció reducción en los tiempos de validación de asistencia, eliminación de duplicidad de reservas y mejoras en la organización operativa del transporte. Las métricas recolectadas y las encuestas de satisfacción mostraron una percepción positiva de los estudiantes y mayor confiabilidad del servicio.

✓ La arquitectura seleccionada, basada en React, Firebase y lectura QR, demostró ser escalable, de bajo costo de mantenimiento y adaptable a futuras mejoras, lo que convierte al prototipo en una base sólida para continuar el proceso de modernización del transporte universitario en el municipio.

3.4 RECOMENDACIONES

✓ Fortalecer el desarrollo del sistema ampliando el prototipo hacia una versión plenamente institucional, incorporando nuevas funcionalidades como seguimiento de rutas en tiempo real y notificaciones automatizadas, con el fin de consolidar la modernización del servicio de transporte universitario.

✓ Mantener un proceso continuo de revisión y actualización de los requisitos del sistema, involucrando periódicamente a estudiantes, administradores y coordinadores. Esto permitirá garantizar que la plataforma siga respondiendo adecuadamente a las necesidades operativas y a cambios en la demanda del servicio.

✓ Complementar y reforzar las políticas de seguridad implementadas mediante auditorías periódicas, monitoreo de accesos y actualización de las reglas en Firestore, con el propósito de asegurar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información manejada por la plataforma.

✓ Realizar nuevas pruebas piloto en periodos académicos sucesivos, ampliando la muestra de usuarios y evaluando distintas condiciones de operación. Esto permitirá validar la estabilidad del sistema, identificar posibles escenarios críticos y guiar mejoras técnicas basadas en evidencia.

✓ Aprovechar el potencial de escalabilidad de la arquitectura seleccionada para replicar el sistema en otros municipios con características similares, promoviendo buenas prácticas en la digitalización del transporte educativo y facilitando la toma de decisiones basada en datos en administraciones locales.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, F. (2018). Implementación de un sistema web para la mejora del proceso administrativo académico de la institución educativa Wari-Vilca – Huayucachi [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Aguilar, L. (2021). Desarrollo e implementación de un sistema web basado en la metodología Scrum para mejorar el proceso de autorizaciones e infracciones en la dirección regional de transportes y comunicaciones de Ayacucho [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Perú].
- Barragán López, C., & Molano Galindo, J. (n.d.). Aplicación web para el registro de asistencia y expedición de certificados mediante códigos QR en los portales interactivos de la localidad Ciudad Bolívar.
- Benítez-Cárdenas J., Lucas-García D. (2019). Sistema web/móvil para el proceso de gestión del control de pasajes de la cooperativa de transporte “TRANSPOLITANA SA”. Revista Científica de Informática ENCRIPSTAR-IS SN: 2737-6389, vol.2.
- Ccopa Yapura, D., & Condori Quispe, R. (2025). Aplicación web móvil para el servicio de transporte en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
- Colombia, Congreso de la República. (1993). Ley 105 de 1993, por la cual se dictan normas sobre transporte terrestre (Diario Oficial No. 40.999).
- Colombia, Congreso de la República. (2012). Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales (Diario Oficial No. 48.587).
- Colombia, Congreso de la República. (2019). Ley 1978 de 2019, por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Ley TIC) (Diario Oficial No. 51.026).
- Colombia, Ministerio de Transporte. (2015). Decreto 1079 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte.
- Coronel Delgado, J. W., & Campozano Vascones, R. X. (2017). Sistema de control virtual para buses: ticket express (Bachelor's thesis, Espol). [Trabajo de grado, Escuela Superior

Politécnica del Litoral].

- Fernández Sosa J., Tesone F., Naiouf M., Boracchia M., Thomas P., Pesado P. (2022). Una aplicación web progresiva para la gestión de asistencia. XVII Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2022 (Entre Ríos, 15 y 16 de junio de 2022).
- Guerra Almeida, C. Y. (2019). Desarrollo de un prototipo móvil de registro de asistencia estudiantil mediante códigos QR y Cloud Computing para la Escuela Politécnica Nacional [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].
- Guirao B., García A., López M., Acha C., Comendador J. (2015). New QR survey methodologies to analyze user perception of service quality in public transport: the experience of Madrid. *Journal of Public Transportation*, vol. 18, pp. 71-88.
- Hara, M. (1994). QR code: A new two-dimensional symbology for industrial applications [White paper]. Denso Wave Inc.
- Hargunani K., Kengar P., Lokhande M., Gawade R., More S. (2018). Integrated bus system using QR code. 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA). IEEE, pp. 1-5.
- Jiménez, G. (2018). Sistema web de control de asistencia basado en web services y la biometría de huella dactilar para las instituciones educativas [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Mancilla Ortiz T., Vega Gaitán B. (2024). Estudio de viabilidad para la implementación de una app móvil a los estudiantes universitarios que utilizan transporte público en Villavicencio. [Trabajo de grado, Universidad de los Llanos].
- Reddy C., Reddy D., Srinivasan N., May an J. (2019). Bus ticket system for public transport using QR code. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 012036. IOP Publishing.
- Salazar Medrano N., Espinoza Mendieta J (2018). Implementación de un sistema con códigos QR para optimizar el control de asistencia de alumnos, en la UAP Sede Huánuco.
- Shapiama Rengifo O. (2023). Uso de un aplicativo basado en código QR y su influencia en la gestión de control de asistencia de estudiantes en la Institución Educativa José María Arguedas de Cacatachi, 2020.

Torres, C. (2019). Implementación de un sistema de control de asistencia con código QR para la institución educativa Ricardo Palma [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Vásquez Villar F., Ordóñez Gayón M., Calderón Villamizar H., Urbina Alarcón V. (2019). Sistema de información para la gestión de las rutas de transporte público en el Área Metropolitana de Cúcuta.

Zambrano Onofre F., Garcia Betalleluz M. (2023). Aplicación web services para el control de registro de asistencia de los estudiantes en la Institución Educativa Tupac Amaru II del distrito de Daniel Hernández–Tayacaja.

Sección IV. Artículo Científico

APLICATIVO WEB PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DEL TRANSPORTE UNIVERSITARIO CON ASISTENCIA QR EN AGUSTÍN CODAZZI, CESAR.

DIRECTOR:

ROBERTO FERNANDEZ

INTEGRANTES:

CARLOS LINDARTE SANTOS

CC: 1007511771

calindarte@unicesar.edu.co

DANIEL NOVOA CASTELLAR

CC: 1127628448

denovoa@unicesar.edu.co



1. RESUMEN

La creciente demanda del servicio de transporte universitario en municipios donde los estudiantes deben desplazarse diariamente a instituciones educativas fuera de su localidad ha generado la necesidad de optimizar los procesos administrativos asociados a su operación. Actualmente, la gestión manual del registro de estudiantes, la asignación de horarios y el control de asistencia provoca demoras, inconsistencias y pérdida de información, afectando la eficiencia del servicio y la experiencia de los usuarios. Adicionalmente, el personal encargado enfrenta limitaciones de tiempo para validar grandes volúmenes de estudiantes en cada ruta, mientras que la ausencia de mecanismos automáticos de verificación dificulta garantizar la trazabilidad y el uso adecuado del cupo asignado.

El desarrollo de un sistema web basado en tecnologías modernas se fundamenta en la creciente necesidad de incorporar soluciones digitales en los servicios públicos con el fin de mejorar su eficiencia, transparencia y capacidad de respuesta. La automatización mediante códigos QR ofrece un mecanismo ágil y confiable para validar el acceso de los estudiantes, reduciendo errores humanos y permitiendo un control preciso en tiempo real. El objetivo de este proyecto es brindar una herramienta innovadora para apoyar la gestión del programa de transporte universitario mediante una plataforma centralizada que integra módulos de registro,

reservas, control de asistencia y generación de reportes, empleando tecnologías robustas como React, Firebase y Tailwind CSS.

2. ABSTRACT

The increasing demand for university transportation services in municipalities where students must travel daily to higher education institutions located in neighboring cities has highlighted the need to optimize operational and administrative processes. Currently, the manual management of student registration, schedule assignment, and attendance validation results in delays, inconsistencies, and information loss, negatively affecting service efficiency and user experience. Furthermore, staff in charge of route supervision face time limitations when validating large groups of students, while the absence of automated verification mechanisms restricts the ability to ensure traceability and proper seat allocation.

The development of a web-based system using modern technologies is supported by the growing need to incorporate digital solutions into public services to enhance efficiency, transparency, and responsiveness. The use of QR codes enables fast and reliable attendance validation, reducing human error and allowing real-time monitoring of student access. The objective of this project is to provide an innovative tool to support the management of the university transportation program through a centralized platform that

integrates modules for registration, seat reservation, attendance tracking, and automated reporting, using robust technologies such as React, Firebase, and Tailwind CSS.

3. Palabras Clave: Transporte universitario, Códigos QR, Gestión de asistencia, Sistemas web, Firebase, Reserva de cupos, Validación en tiempo real, Metodologías ágiles.

4. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Agustín Codazzi, la demanda del servicio de transporte universitario ha aumentado de manera significativa debido al creciente número de estudiantes que se desplazan diariamente hacia instituciones educativas ubicadas en otras ciudades. La ausencia de un sistema organizado para la asignación de cupos, control de asistencia y gestión de rutas ha generado constantes dificultades operativas, tales como sobrecupos, demoras, pérdidas de información y limitaciones en la trazabilidad del servicio. Estos problemas afectan directamente la eficiencia del programa y, en consecuencia, la permanencia académica de los estudiantes beneficiarios [12].

Ante esta situación, surge la necesidad de implementar una solución digital que permita optimizar la administración del transporte universitario mediante el uso de herramientas

modernas capaces de automatizar los procesos críticos, mejorar la planificación operativa y ofrecer información confiable en tiempo real. Esto es especialmente relevante en contextos donde el personal administrativo debe gestionar grandes volúmenes de datos sin contar con sistemas tecnológicos adecuados que faciliten la toma de decisiones.

En este contexto, el uso de tecnologías web y móviles se ha consolidado como una alternativa eficaz para transformar los modelos tradicionales de operación. Diversos sectores, como el transporte público, la gestión logística y los sistemas de movilidad urbana, han incorporado plataformas digitales para monitorear rutas, asignar recursos y registrar información automáticamente, demostrando mejoras significativas en eficiencia y calidad del servicio [10]. Estos avances pueden ser aplicados al ámbito educativo para fortalecer el acceso y la movilidad estudiantil.

Asimismo, la integración de mecanismos de verificación mediante códigos QR se ha convertido en una herramienta precisa y confiable para el control de asistencia, permitiendo validar la presencia de los estudiantes de forma rápida, segura y con una mínima intervención humana. Investigaciones recientes demuestran que los sistemas basados en QR mejoran la trazabilidad y reducen errores comunes en los procesos manuales de registro [6].

En esta línea, el presente proyecto propone el desarrollo de un sistema web basado en tecnologías como React, Tailwind CSS y Firebase, que permite gestionar de manera integral la reserva de cupos, la administración de rutas, la validación de asistencia y la generación de reportes operativos en tiempo real. Esta innovación tecnológica se articula como un modelo eficiente y escalable para modernizar el servicio de transporte universitario, brindando beneficios tanto administrativos como académicos.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un aplicativo web para la gestión y control del transporte universitario con asistencia QR en Agustín Codazzi, Cesar

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, considerando las necesidades del personal administrativo, coordinadores y estudiantes beneficiarios del transporte universitario en Agustín Codazzi.
- ✓ Diseñar la arquitectura del aplicativo web, con un enfoque en la usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario, asegurando que se adapte a las

características del contexto educativo y tecnológico del municipio.

- ✓ Construir el aplicativo web utilizando tecnologías como React, Tailwind CSS y Firebase Firestore, garantizando eficiencia, escalabilidad y disponibilidad del sistema.
- ✓ Implementar un sistema de autenticación y control de acceso por roles mediante Firebase Authentication, permitiendo la gestión diferenciada de funcionalidades según el perfil del usuario (administrador, coordinador y estudiante).

6. METODOLOGÍA Y METODOS DE VALIDACIÓN

La metodología implementada se basó en un enfoque ágil apoyado en Scrum, estructurado en fases que permiten avanzar de manera iterativa, con retroalimentación continua y validación progresiva de los módulos desarrollados. A continuación, se detallan las fases y actividades realizadas durante el proyecto.

6.1 Fase 1: Análisis y levantamiento de requisitos

Se ejecutaron entrevistas semiestructuradas con coordinadores, personal administrativo y estudiantes. Las actividades incluyeron:

6.1.1 Identificación de procesos manuales y sus limitaciones.

Proceso	Método manual actual	Limitaciones del método manual
Inscripción de estudiantes	Se realiza mediante formularios físicos o archivos independientes en Excel.	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de pérdida o duplicación de información. Datos inconsistentes entre listas.
Generación de listados	Los listados se elaboran manualmente por el personal administrativo.	<ul style="list-style-type: none"> Consumo alto de tiempo. Posibilidad de errores. No permite actualización inmediata.
Asignación de rutas y horarios	Se distribuye manualmente en hojas de cálculo o listas impresas.	<ul style="list-style-type: none"> No se refleja disponibilidad real de cupos. Dificultad para reorganizar estudiantes.
Control de asistencia	Se verifica visualmente, marcando listas impresas o anotando manualmente.	<ul style="list-style-type: none"> Errores frecuentes en marcación. Toma más tiempo y retrasa la salida del transporte.
Almacenamiento de información	Archivos físicos o digitales sin respaldo estructurado.	<ul style="list-style-type: none"> Alto riesgo de pérdida. Dificultad para recuperar información.
Generación de reportes	Se consolidan datos manualmente al final del día o del periodo.	<ul style="list-style-type: none"> Alto consumo de tiempo. Reportes incompletos o tardíos.
Validación de beneficiarios activos	Se hace por revisión manual de listados anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> Información desactualizada. Imposibilidad de verificar uso real del servicio.
Control institucional	Supervisión basada en documentos dispersos.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de un sistema unificado. No permite análisis global del servicio.

6.1.2 Clasificación de requisitos funcionales.

Código	Requisito	Descripción	Prioridad
RF01	Registro de estudiantes	El sistema debe permitir registrar estudiantes con datos básicos (nombre, documento, programa, teléfono, correo, etc.).	Alta
RF02	Generación de código QR	Cada estudiante debe contar con un QR único que identifique su asistencia.	Alta
RF03	Escaneo QR	El sistema debe permitir escanear códigos QR desde dispositivos móviles.	Alta
RF04	Control de asistencia	El sistema debe registrar hora, fecha y usuario al validar un escaneo QR.	Alta
RF05	Autenticación por roles	El sistema debe permitir el acceso de administrador, estudiante y coordinador con permisos diferenciados.	Alta
RF06	Panel administrativo	Debe permitir ver listados, estadísticas, filtrados por fecha, ruta y asistencia.	Media
RF07	Gestión de rutas y horarios	El administrador debe crear y modificar rutas, horarios y cupos.	Media
RF08	Reportes automáticos	El sistema debe generar reportes descargables en PDF o Excel.	Baja
RF09	Edición de datos	El sistema debe permitir modificar información del estudiante.	Alta
RF10	Listado de asistencia diaria	Debe mostrar asistentes, ausentes y tiempos de escaneo.	Media

6.1.3 Identificación de requisitos no funcionales.

Código	Requisito	Descripción	Prioridad
RNF01	Usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva para uso móvil.	Alta
RNF02	Seguridad	Los datos deben protegerse según Ley 1581 de 2012.	Alta
RNF03	Rendimiento	El escaneo QR debe validarse en menos de 2 segundos.	Media
RNF04	Disponibilidad	El sistema debe funcionar 99% del tiempo.	Media
RNF05	Escalabilidad	Debe permitir agregar más rutas sin rediseñar la arquitectura.	Media
RNF06	Compatibilidad	Debe funcionar en Chrome, Edge y navegadores móviles.	Media

6.2 Fase 2: Diseño del sistema

6.2.1 Diseño del modelo entidad-relación para Firestore.

Se elaboró el modelo entidad-relación adaptado a la estructura no relacional de Firebase Firestore, con el propósito de organizar de manera coherente la información y garantizar un flujo de datos consistente durante la operación del sistema. El diseño incluyó la identificación de cada colección principal, la definición de sus atributos clave y la caracterización de las relaciones lógicas entre entidades, teniendo en cuenta las particularidades de un motor NoSQL basado en documentos. De manera específica, se modelaron las colecciones relacionadas con usuarios, estudiantes, reservas de cupo, control

previo de abordaje, asistencia mediante código QR, programación de rutas (busSlots) y reportes consolidados de asistencia, estableciendo reglas claras para los identificadores de documentos, las referencias lógicas y las restricciones de integridad propias del sistema. Este modelo permitió estructurar la base de datos de forma escalable, optimizada para consultas en tiempo real y completamente alineada con los requerimientos operativos definidos en la fase de análisis.

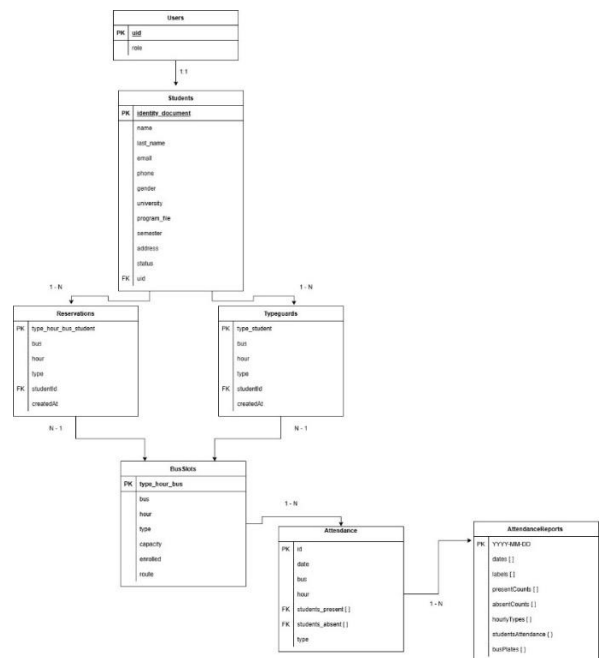


Imagen modelo entidad-relación

6.2.2 Construcción de diagramas de casos de uso para especificar funciones principales.

Se elaboró el diagrama de casos de uso para representar de manera clara las funciones principales que ofrece el aplicativo y la interacción de cada tipo de usuario con dichas funciones.

Este diagrama permite visualizar de forma general el alcance funcional, delimitando responsabilidades y asegurando que los requerimientos identificados se traduzcan en funcionalidades concretas dentro de la plataforma.

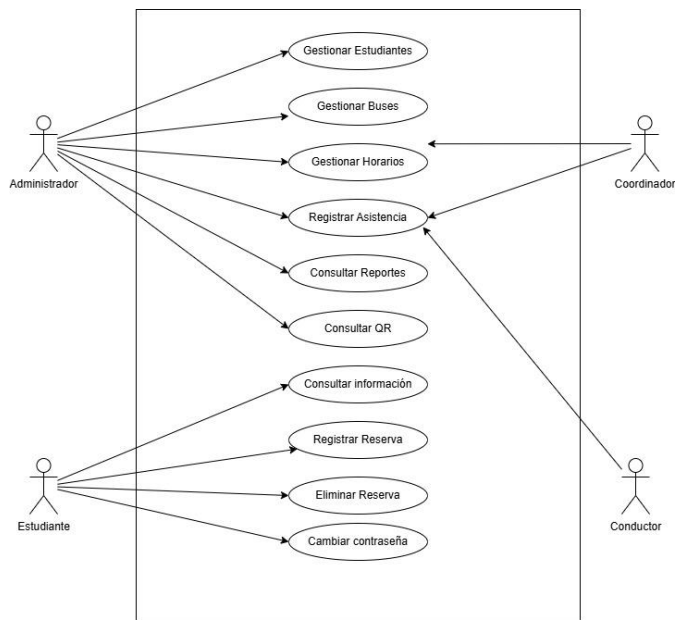


Imagen diagrama casos de uso

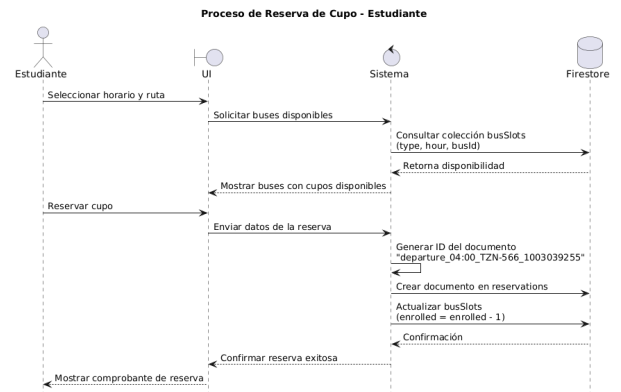


Imagen proceso de reserva de cupos

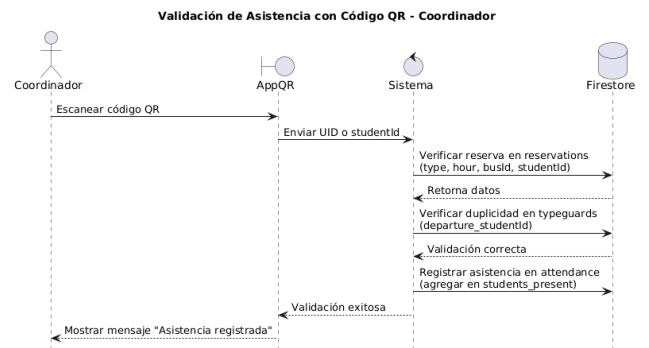


Imagen validación de asistencia

6.2.3 Diseño del flujo de navegación del sistema.

Este diseño garantiza una experiencia de uso coherente, intuitiva y alineada con los requerimientos funcionales identificados durante el levantamiento de requisitos. Para ello, se elaboraron diagramas secuenciales basado en arquitectura modular y rutas definidas según el rol del usuario (estudiante, administrador, coordinador).

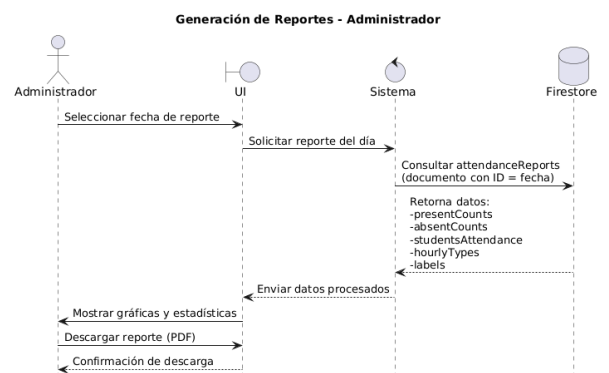


Imagen proceso generación de reportes

6.2.4 Elaboración de prototipos de interfaz (UI) de baja y media fidelidad.

Se construyeron las primeras versiones de las interfaces del aplicativo, orientadas a representar de manera funcional la estructura y el flujo general del sistema. Las interfaces de baja fidelidad permitieron definir la organización básica de pantallas, la secuencia de acciones del usuario y la distribución inicial de los elementos.

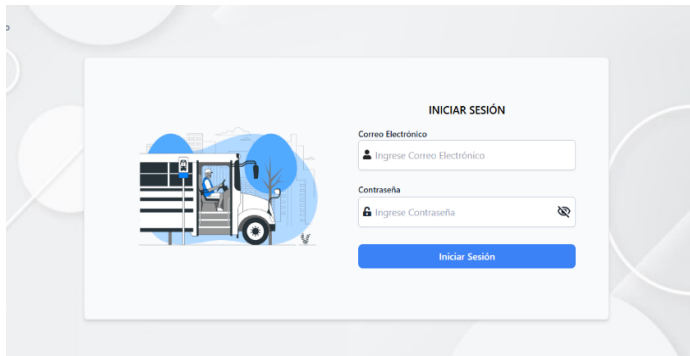


Imagen interfaz de inicio de sesión del aplicativo

6.2.5 Definición de los roles de usuario y reglas de seguridad.

Para garantizar un funcionamiento controlado y seguro del sistema, se definieron los distintos roles de usuario junto con sus permisos operativos. Estos roles permiten limitar las acciones disponibles según la responsabilidad de cada actor y asegurar la integridad de la información almacenada en Firestore.

Los roles establecidos fueron:

- **Estudiante:** puede iniciar sesión, visualizar buses y horarios disponibles, realizar una reserva por cada tipo de horario (salida y retorno) y mostrar su QR para control de asistencia.
- **Administrador:** tiene permisos completos para crear, editar y suspender estudiantes, gestionar buses, consultar reservas, generar reportes de asistencia y administrar accesos.
- **Coordinador:** puede escanear códigos QR, validar reservas, registrar asistencia en tiempo real y reportar inconsistencias.
- **Conductor:** puede consultar la lista de estudiantes asignados a su bus, verificar ocupación y registrar asistencia.

6.3 Fase 3: Desarrollo e implementación

Se llevó a cabo la construcción funcional del aplicativo siguiendo la metodología ágil propuesta, estructurada en sprints iterativos y de corta duración. Se desarrollaron módulos específicos del sistema, se validaron con usuarios clave y se realizaron ajustes continuos hasta

consolidar una versión estable del prototipo. Las actividades principales se describen a continuación:

6.3.1 Configuración del entorno React, Firebase y Tailwind CSS.

Se inició con la preparación del entorno de desarrollo, instalando y configurando las tecnologías base del proyecto. Esto incluyó:

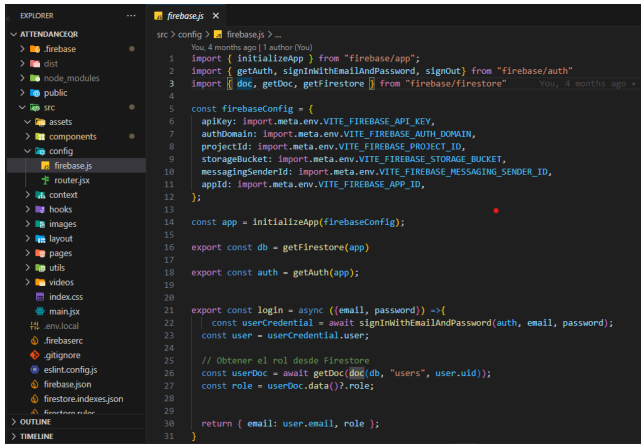


Imagen código integración de Firebase, servicios de Authentication, Firestore y Storage.

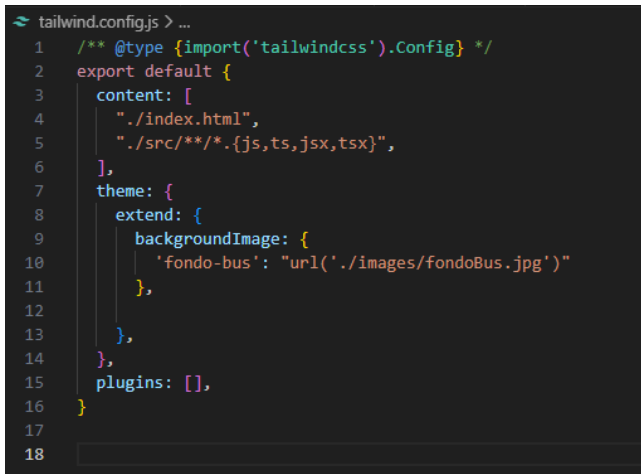


Imagen código implementación de Tailwind CSS.



Imagen código de creación del entorno React 18.

6.3.2 Desarrollo de los módulos: gestión de estudiantes, gestión de buses, gestión de horarios, toma de asistencia, historial y generación de reportes.

- Módulo gestión de estudiantes

Permite registrar, actualizar y consultar la información de los estudiantes beneficiarios del transporte universitario. Incluye validaciones de datos, asociación con usuarios del sistema y administración centralizada del estado del estudiante. Facilita la trazabilidad y la organización de la base estudiantil.

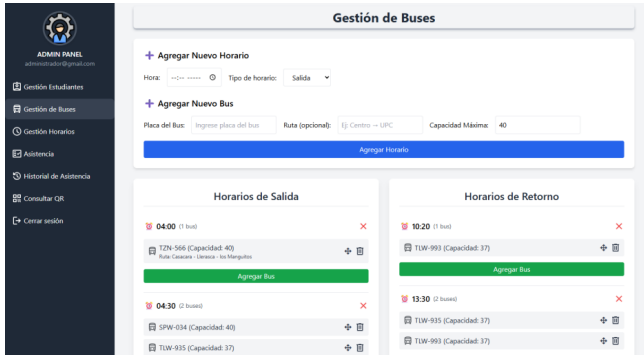


Imagen Interfaz modulo gestión de buses

- **Módulo gestión de horarios**

Gestiona los diferentes horarios de salida y retorno disponibles para los estudiantes. Desde este módulo se controlan las franjas horarias habilitadas, su visibilidad, su disponibilidad y la relación directa con los buses asignados. Es fundamental para estructurar la oferta de transporte.

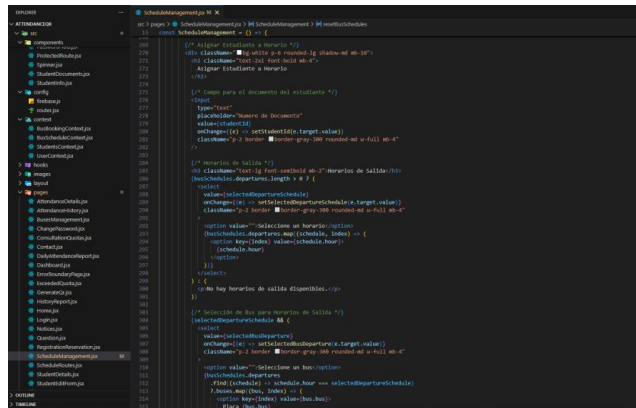


Imagen código modulo gestión de horarios

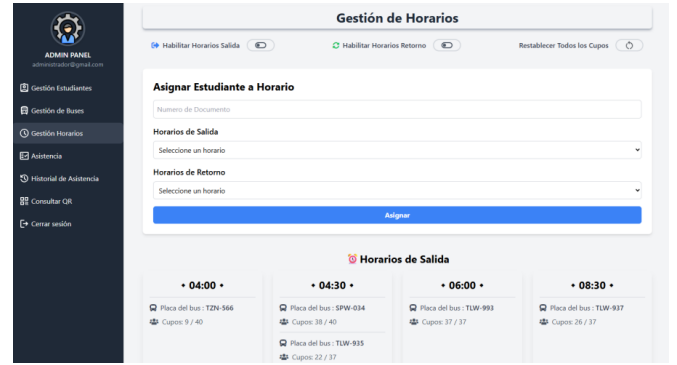


Imagen interfaz modulo gestión de horarios

- **Módulo de toma de asistencia (escaneo QR)**

Permite al coordinador o conductor registrar la asistencia en tiempo real mediante el escaneo del código QR del estudiante. Valida automáticamente la reserva correspondiente, evita duplicidad de registros y registra asistencia o ausencia según corresponda. Garantiza precisión, rapidez y transparencia en el control de presencia.

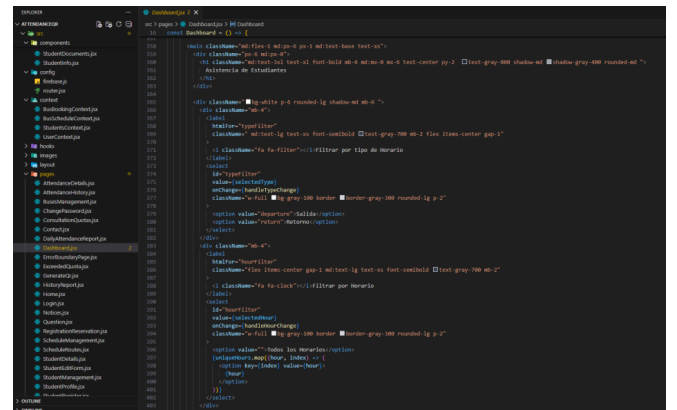


Imagen código modulo de toma de asistencia



Imagen interfaz toma de asistencias

- Módulo de historial y reportes de asistencia

Centraliza todos los registros de asistencia de los viajes realizados. Permite consultar o exportar los datos de estudiantes presentes y ausentes, visualizar detalles por fecha, tipo de viaje, bus y horario. Facilita el seguimiento y la revisión de patrones de asistencia.

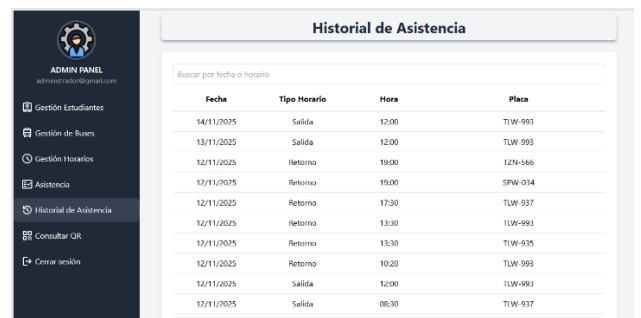


Imagen interfaz modulo historial de asistencias

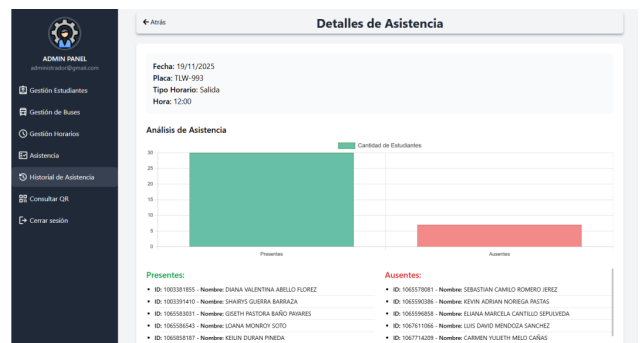


Imagen interfaz detalles de asistencias

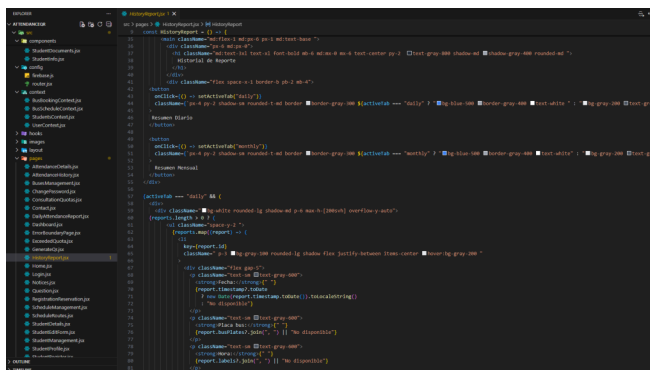


Imagen código modulo historial de asistencias

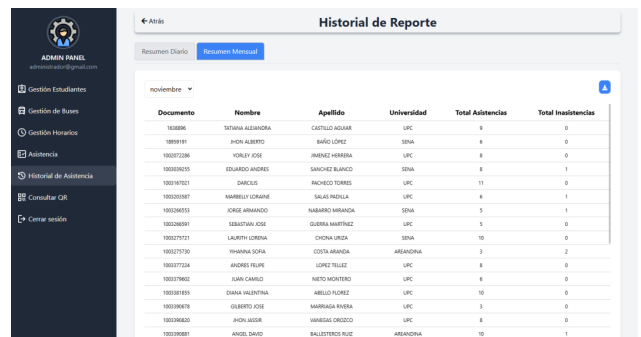


Imagen interfaz reportes diarios y mensuales

6.3.3 Integración de la autenticación por roles.

La aplicación valida automáticamente los permisos, protege las rutas según el tipo de usuario y aplica reglas de seguridad en Firestore para restringir operaciones no autorizadas. Este mecanismo garantiza un ingreso seguro y un manejo adecuado de la información según las responsabilidades de cada actor.

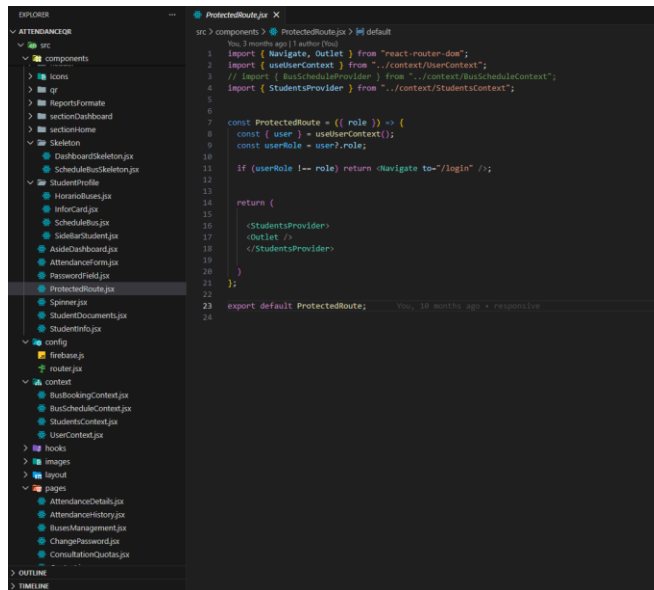


Imagen código componente que protege las rutas

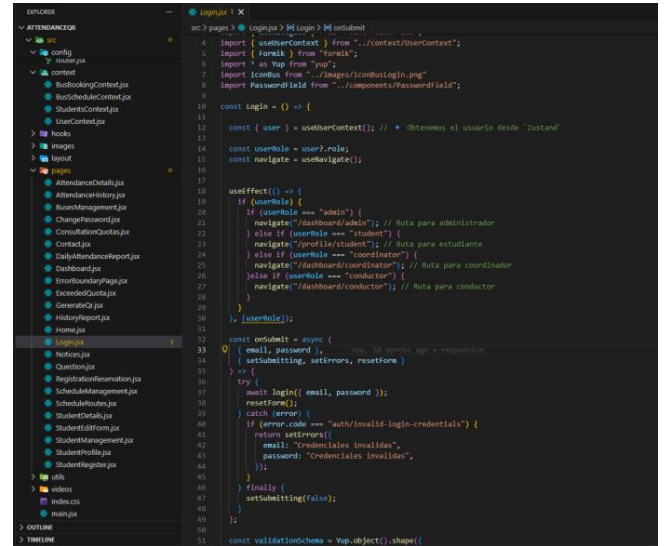


Imagen código que valida los permisos automáticamente de cada rol y redirige a su interfaz

6.3.4 Implementación de reglas de seguridad y validación de datos.

Se configuraron las reglas de seguridad de Firestore para controlar el acceso a la información según el rol del usuario, asegurando que cada actor solo pudiera realizar las operaciones permitidas (por ejemplo, estudiantes gestionan sus reservas y administradores administran todo el sistema). Además, se aplicaron validaciones de datos en el cliente y en la base de datos para garantizar que la información registrada fuera correcta y consistente, evitando reservas duplicadas, datos incompletos o modificaciones no autorizadas. Estas medidas garantizaron la integridad y confiabilidad del sistema.

```

// Verificar si el usuario está autenticado
función isAuthenticated() {
  return request.auth != null;
}

// Obtener el rol del usuario autenticado desde la colección "users"
función hasRole(role) {
  return get(/databases/${database}/documents/users/${request.auth.uid}).data.role == role;
}

// "busSlots": Admin y coordinador pueden asignar horarios y resetear cupos
match /busSlots/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "typeGuards" Valida por tipo de horario y id de estudiante
match /typeGuards/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "reservations" Guarda la reserva del estudiante
match /reservations/{document} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

// "attendance": Admin y coordinador pueden gestionar asistencia
match /attendance/{document} {
  allow read, write, update, delete: if hasRole("admin") || hasRole("coordinador") || hasRole("conductor");
}

// "students": Admin puede gestionar estudiantes, pero coordinadores no
match /students/{uid} {
  allow read,write: if isAuthenticated() ;
}

// "users"
match /users/{uid} {
  allow read,write: if isAuthenticated();
}

match /attendanceReports/{document} {
  allow read, write: if isAuthenticated();
}

```

Imagen reglas de seguridad implementadas mediante Firebase.

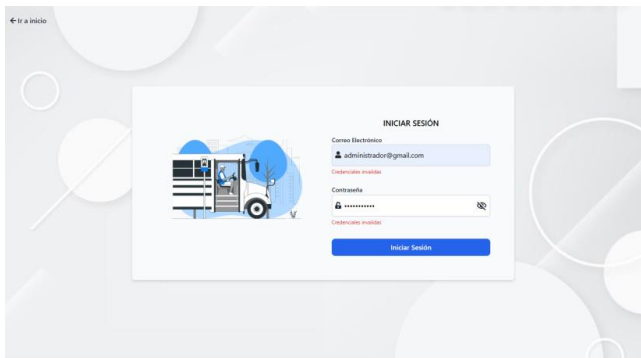


Imagen interfaz validación acceso por rol

6.4 Fase 4: Prueba piloto y validación

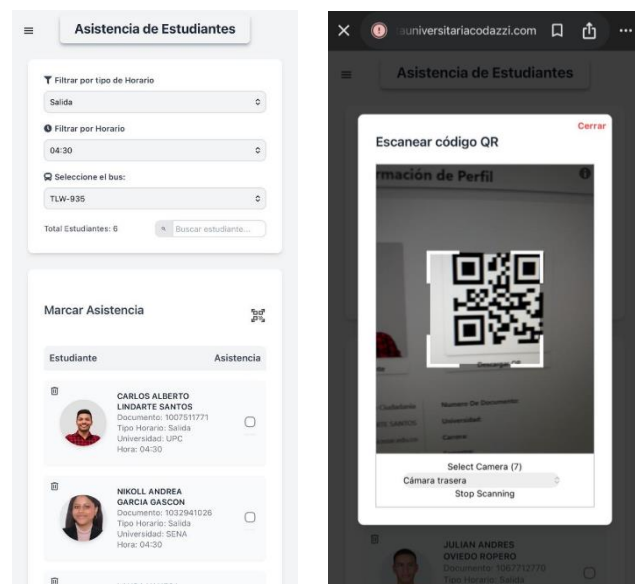
La fase de prueba piloto consistió en la implementación del sistema en un entorno real de operación con estudiantes del municipio de Agustín Codazzi, con el objetivo de evaluar su desempeño funcional, su usabilidad y su capacidad para responder a las necesidades del servicio de transporte universitario. Esta etapa

permitió observar el comportamiento del aplicativo frente a situaciones reales de uso y validar la pertinencia de las decisiones técnicas adoptadas.

Las principales actividades desarrolladas fueron:

6.4.1 Ejecución de pruebas de escaneo QR en condiciones reales

Se realizaron sesiones de validación de asistencia en puntos de abordaje y descenso utilizando dispositivos móviles del personal administrativo. Esto permitió comprobar la velocidad de lectura del código, la correcta identificación del estudiante y la precisión del registro automático en Firestore. Se evaluaron situaciones como conexiones inestables, poca iluminación, aglomeraciones y diferentes tamaños de pantalla.



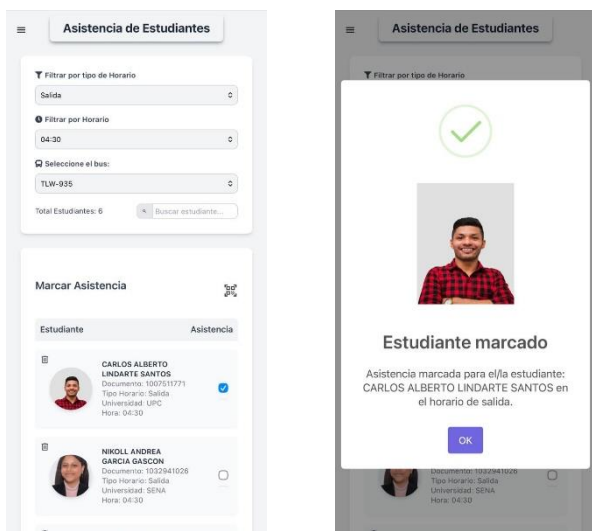


Imagen prueba validación de escaneo código qr

6.4.2 Recolección de métricas operativas

Se recopilaron las métricas de rendimiento generadas automáticamente por Firestore durante 30 días de uso continuo del sistema. Estas estadísticas permitieron evaluar la eficiencia de las consultas, los tiempos de respuesta, la carga del sistema y la estabilidad de la plataforma bajo condiciones reales de operación.

Los resultados evidencian que el sistema mantuvo una latencia estable entre 26 ms y 105 ms, dependiendo del tipo de consulta, valores adecuados para aplicaciones web en tiempo real. Las colecciones más consultadas fueron *attendance*, *students*, *reservations* y *typeGuards*, lo que coincide con los módulos más utilizados por estudiantes y coordinadores durante el proceso de reserva y validación de asistencia.

Además, los reportes mostraron un número de ejecuciones entre 5 y 20 consultas por colección, y un volumen de documentos analizados acorde al flujo real del servicio, confirmando la correcta indexación y optimización de Firestore.

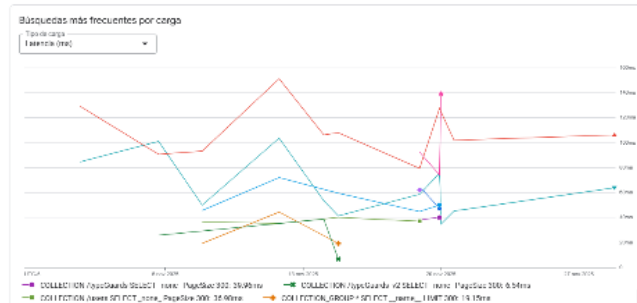
Consulta	Latencia (ms)*	Ejecuciones	Documentos analizados*	Entradas del índice analizadas*	Resultados devueltos*
COLLECTION attendance SELECT none...	105	18	301	301	300
COLLECTION attendanceReservations SELECT...	99	8	29	29	29
COLLECTION busReservaciones SELECT none...	62	3	10	10	10
COLLECTION * SELECT_collection_Pla...	60	20	18,85	18,85	11
COLLECTION reservaciones SELECT none_P...	54	13	235,846	235,846	230
COLLECTION reservations SELECT none...	54	5	301	301	300
COLLECTION typeGuards SELECT none...	39	3	301	301	300
COLLECTION ruars SELECT none_Pag...	37	12	228,833	228,833	228,083
COLLECTION typeGuards_2 SELECT none...	29	6	157	157	156,667
COLLECTION_GROUP * SELECT_name...	26	14	0	0	0

Estadísticas de consultas

Visualiza y analiza problemas de rendimiento de las consultas. [Ver configuración](#)

8 horas 1 día 7 días 30 días Personalizado

Las consultas pueden tardar entre 1 y 2 horas en aparecer



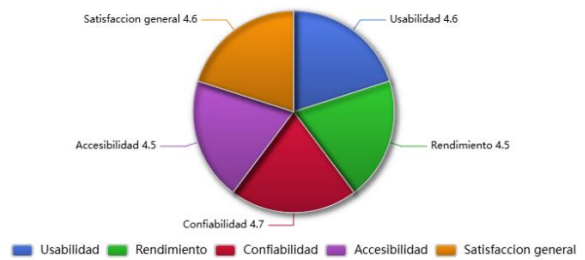
Estas métricas constituyen evidencia del buen desempeño del backend, la eficiencia del modelo de datos y la estabilidad del sistema en un ambiente operativo real.

6.4.3 Aplicación de encuestas de satisfacción

Se aplicaron encuestas digitales a estudiantes, coordinadores y administradores, enfocadas en usabilidad, claridad de la interfaz, rapidez del proceso y percepción general del sistema. Los resultados evidenciaron un alto nivel de

aceptación y destacaron la reducción del tiempo de registro y de congestión al momento de abordar.

Valoración Global de los Usuarios



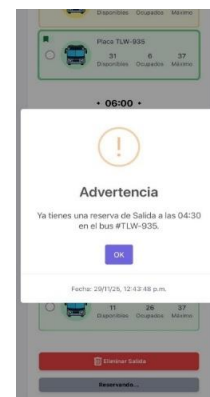
Ítem evaluado	Pregunta aplicada	Escala	Promedio	Interpretación
Usabilidad del sistema	¿Qué tan fácil fue usar la plataforma para reservar su cupo?	1-5	4.6	Los estudiantes perciben la plataforma como muy fácil de usar
Claridad de la interfaz	¿Considera que la interfaz es clara y entendible?	1-5	4.6	La mayoría comprende el funcionamiento sin necesidad de asistencia adicional
Tiempo de respuesta	¿El sistema respondió rápidamente al realizar acciones (reserva, consulta, etc.)?	1-5	4.5	Los tiempos de carga fueron adecuados para los usuarios
Fiabilidad del escaneo QR	¿El proceso de validación mediante QR funcionó correctamente?	1-5	4.7	Los estudiantes reconocen el QR como método eficiente y confiable
Disponibilidad de horarios y buses	¿Encontró fácilmente los horarios disponibles?	1-5	4.5	La información de horarios fue accesible y clara
Satisfacción global con la plataforma	¿Qué tan satisfecho está con el sistema en general?	1-5	4.6	Excelente aceptación del sistema
Facilidad para generar la reserva	¿El proceso de reserva fue rápido y sencillo?	1-5	4.6	El flujo de reserva resultó ágil y eficiente
Confiabilidad del sistema	¿El sistema evitó errores o reservas duplicadas correctamente?	1-5	4.7	Los controles implementados funcionan adecuadamente
Percepción de mejora frente al método anterior	¿El sistema actual es mejor que el proceso manual utilizado anteriormente?	Sí / No	98 % Sí	Amplia aceptación del cambio tecnológico.
Recomendación del sistema	¿Recomendaría este sistema para continuar siendo utilizado?	1-5	4.8	Alto nivel de aprobación y recomendación

6.4.4 Ajustes derivados de la retroalimentación

La retroalimentación recopilada durante la prueba piloto permitió identificar oportunidades de mejora en el funcionamiento del sistema. Con base en esta información, se realizaron ajustes orientados a optimizar la experiencia del usuario y fortalecer la fiabilidad operativa del aplicativo. Entre las modificaciones implementadas se destacan:

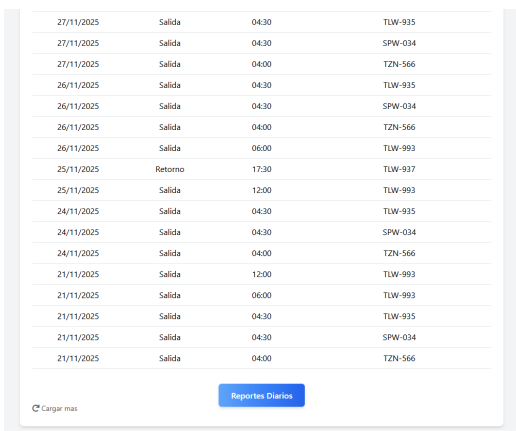
- Ajuste en la lógica de reservas:**

Se reforzó el mecanismo de validación para impedir que un estudiante pudiera registrar más de una reserva por tipo de horario (salida o retorno). Este control redujo casos de duplicidad y garantizó una correcta asignación de cupos disponibles.



- **Optimización del historial y consultas a Firestore:**

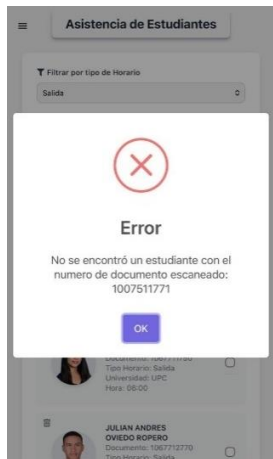
Se implementaron mejoras en la gestión y carga de datos del módulo de historial, utilizando filtros más eficientes y consultas indexadas. Esto permitió disminuir significativamente los tiempos de respuesta durante la visualización de registros de asistencia y movimientos históricos.



27/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
27/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
27/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
26/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
26/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
26/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
26/11/2025	Salida	06:00	TLW-993
25/11/2025	Retorno	17:30	TLW-937
25/11/2025	Salida	12:00	TLW-993
24/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
24/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
24/11/2025	Salida	04:00	TZN-566
21/11/2025	Salida	12:00	TLW-993
21/11/2025	Salida	06:00	TLW-993
21/11/2025	Salida	04:30	TLW-935
21/11/2025	Salida	04:30	SPW-034
21/11/2025	Salida	04:00	TZN-566

- **Mejoras en el proceso de escaneo QR:**

Se añadió validación adicional para detectar códigos expirados o sesiones repetidas, evitando errores al momento de registrar la asistencia.



Estos ajustes permitieron consolidar la estabilidad y confiabilidad del sistema, asegurando un desempeño más eficiente, una experiencia de usuario más clara y una operación consistente en condiciones reales de uso.

6.5 Fase 5: Documentación y cierre del proyecto

La última fase del proyecto estuvo orientada a consolidar los resultados obtenidos y dejar los insumos necesarios para la continuidad, mantenimiento y adecuada comprensión del sistema desarrollado. En esta etapa se generó la documentación formal y se realizaron actividades de cierre académico e institucional. Las principales acciones realizadas fueron:

- **Elaboración del Manual de Usuario:**

Se desarrolló un manual detallado dirigido a los diferentes perfiles del sistema (estudiante, administrador, supervisor y conductor). El documento incluye instrucciones de acceso, navegación por los módulos, procedimientos para realizar reservas, validaciones QR, revisión de historial y generación de reportes.

Su propósito es garantizar que los usuarios puedan operar el sistema de manera autónoma, segura y eficiente (ver Anexo E).

- **Socialización del Proyecto**

El sistema y sus resultados fueron presentados ante los coordinadores y actores involucrados en

el servicio de transporte universitario.

La socialización incluyó:

- ✓ demostración en vivo del funcionamiento del aplicativo,
- ✓ explicación de módulos clave,
- ✓ presentación de métricas de desempeño,
- ✓ análisis de impacto y viabilidad.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló a partir de la información obtenida durante la prueba piloto, las métricas capturadas en Firebase, las encuestas de satisfacción aplicadas a los usuarios y la comparación entre los procesos manuales iniciales y el funcionamiento del aplicativo en condiciones reales. Este análisis se organiza en relación con los objetivos específicos, los requisitos establecidos en la fase de levantamiento y la metodología aplicada.

7.1 Cumplimiento de los objetivos y requisitos funcionales

Los resultados evidencian que el sistema logró automatizar de manera efectiva los procesos más críticos del programa de transporte universitario, cumpliendo con los requisitos funcionales definidos en la Fase 1. La plataforma permitió:

- Registrar estudiantes y mantener sus datos actualizados.
- Gestionar buses y horarios de forma centralizada.
- Permitir que cada estudiante realizara una única reserva por tipo de trayecto (salida o retorno).
- Validar asistencia mediante códigos QR en tiempo real.
- Generar reportes automáticos para la administración del servicio.

La operación en condiciones reales confirmó que el sistema eliminó dificultades previas como la duplicidad de cupos, inconsistencias en las listas manuales, falta de control en la asistencia y errores en la asignación de horarios. La evidencia gráfica de este funcionamiento ya fue presentada en la Fase 4.

7.2 Rendimiento y estabilidad del sistema

Durante los 30 días de uso continuo, Firebase registró métricas sólidas de desempeño. El monitoreo evidenció:

- Tiempos de carga y respuesta estables, incluso en horarios de mayor demanda.

- Lecturas y escrituras óptimas en las colecciones clave, sin presentar fallas de disponibilidad.
- Uso intensivo del módulo de reservas y asistencias, demostrando alta adopción por parte de los estudiantes.

Estas métricas —presentadas en la Fase 4— demuestran que la arquitectura React + Firebase fue adecuada para un entorno real, con un comportamiento robusto, escalable y seguro.

7.3 Percepción de los usuarios y aceptación del sistema

Las encuestas aplicadas a más de 250 estudiantes revelaron altos niveles de satisfacción con el uso del aplicativo. Los usuarios destacaron:

- Facilidad para reservar cupos.
- Rapidez y claridad del proceso de validación mediante QR.
- Mayor organización y transparencia en la asignación de cupos y asistencia.
- Mejora percibida del servicio en comparación con el método manual anterior.

Los resultados cuantitativos se presentan en la Fase 4 (ver 3.1.4.3 aplicación de encuestas de

satisfacción), mediante tablas, gráficos que resumen la experiencia de los usuarios en términos de usabilidad, eficiencia y confiabilidad del sistema.

Estos resultados muestran que la interfaz fue intuitiva y que la adopción tecnológica fue favorable incluso para usuarios con poca experiencia digital.

7.4 Discusión metodológica: coherencia entre lo planeado y lo ejecutado

El enfoque mixto resultó fundamental para comprender el problema y validar la solución:

- La fase cualitativa permitió identificar las necesidades reales y los puntos críticos del servicio a través de entrevistas.
- La fase cuantitativa, mediante métricas de Firebase y encuestas, permitió medir objetivamente la eficiencia del sistema.
- La metodología ágil Scrum facilitó incorporar ajustes en cada sprint, optimizando continuamente la lógica de reservas, el rendimiento del historial y la usabilidad de la plataforma.

Este proceso coherente entre planeación y ejecución garantizó que el sistema evolucionara de forma alineada con los requerimientos del servicio.

7.6 Comparación entre el sistema manual inicial y la solución automatizada

El análisis comparativo evidenció mejoras significativas:

Proceso evaluado	Método manual previo	Con el aplicativo	Mejora lograda
Registro de asistencia	Listas en papel sin validación	Escaneo QR con verificación automática	Mayor precisión y cero duplicidades
Asignación de cupos	Informal y con errores	Reservas centralizadas con reglas	Transparencia y equidad
Reportes	Elaboración manual lenta	Reportes automáticos	Ahorro significativo de tiempo
Seguimiento histórico	No existía una base de datos unificada	Historial detallado por estudiante, bus y hora	Trazabilidad completa
Supervisión operativa	Difícil de controlar	Validación en tiempo real	Mejor gestión del servicio

Los resultados confirman mejoras en eficiencia, transparencia, control y organización interna.

7.7 Impacto institucional y social del sistema

Los resultados demuestran que el sistema fortaleció la operación del transporte universitario y benefició directamente a los estudiantes. Entre los impactos más relevantes se encuentran:

- Mayor equidad en el acceso, evitando sobrecupos y asignaciones irregulares.
- Mejora en la continuidad académica, al asegurar un transporte confiable.

- Reducción de la carga laboral del personal, gracias a la automatización.
- Disponibilidad de datos para toma de decisiones, facilitando la gestión institucional.
- Posibilidad de replicar la solución en otros municipios con características similares.

El proyecto demuestra que la incorporación de tecnologías digitales no solo mejora procesos, sino que también tiene un efecto positivo en la calidad del servicio y en la experiencia de los usuarios.

Conclusiones basadas en los resultados:

El sistema desarrollado logró cumplir con los objetivos específicos del proyecto, resolver los problemas identificados en el diagnóstico inicial y mejorar significativamente la operación del transporte universitario en Agustín Codazzi. La evidencia empírica, las métricas del sistema, la percepción de los usuarios y la comparación funcional respaldan la efectividad y pertinencia de la solución tecnológica implementada.

8. CONCLUSIONES

✓ El desarrollo e implementación del sistema web para la gestión del transporte universitario permitió construir un prototipo funcional capaz de

automatizar la reserva de cupos, el control de asistencia mediante códigos QR y la generación de reportes operativos en tiempo real, mejorando significativamente la eficiencia del servicio.

✓ Las fases de levantamiento de requisitos, diseño del modelo de datos en Firestore y definición de roles fueron determinantes para estructurar una solución coherente con las necesidades reales del municipio, garantizando la trazabilidad de la información y evitando errores típicos de los procesos manuales previos.

✓ La integración de autenticación por roles, reglas de seguridad y validación de datos en Firebase fortaleció la protección de la información y permitió establecer un control preciso sobre las acciones que cada tipo de usuario puede realizar dentro del sistema, favoreciendo un uso seguro y ordenado de la plataforma.

✓ La prueba piloto en condiciones reales evidenció reducción en los tiempos de validación de asistencia, eliminación de duplicidad de reservas y mejoras en la organización operativa del transporte. Las métricas recolectadas y las encuestas de satisfacción mostraron una percepción positiva de los estudiantes y mayor confiabilidad del servicio.

✓ La arquitectura seleccionada, basada en React, Firebase y lectura QR, demostró ser escalable, de bajo costo de mantenimiento y adaptable a

futuras mejoras, lo que convierte al prototipo en una base sólida para continuar el proceso de modernización del transporte universitario en el municipio.

9. RECOMENDACIONES

✓ Fortalecer el desarrollo del sistema ampliando el prototipo hacia una versión plenamente institucional, incorporando nuevas funcionalidades como seguimiento de rutas en tiempo real y notificaciones automatizadas, con el fin de consolidar la modernización del servicio de transporte universitario.

✓ Mantener un proceso continuo de revisión y actualización de los requisitos del sistema, involucrando periódicamente a estudiantes, administradores y coordinadores. Esto permitirá garantizar que la plataforma siga respondiendo adecuadamente a las necesidades operativas y a cambios en la demanda del servicio.

✓ Complementar y reforzar las políticas de seguridad implementadas mediante auditorías periódicas, monitoreo de accesos y actualización de las reglas en Firestore, con el propósito de asegurar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información manejada por la plataforma.

✓ Realizar nuevas pruebas piloto en periodos académicos sucesivos, ampliando la muestra de

usuarios y evaluando distintas condiciones de operación. Esto permitirá validar la estabilidad del sistema, identificar posibles escenarios críticos y guiar mejoras técnicas basadas en evidencia.

✓ Aprovechar el potencial de escalabilidad de la arquitectura seleccionada para replicar el sistema en otros municipios con características similares, promoviendo buenas prácticas en la digitalización del transporte educativo y facilitando la toma de decisiones basada en datos en administraciones locales.

10. BIBLIOGRAFÍA

[1] Acevedo, F. (2018). Implementación de un sistema web para la mejora del proceso administrativo académico de la institución educativa Wari-Vilca – Huayucachi [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

[2] Aguilar, L. (2021). Desarrollo e implementación de un sistema web basado en la metodología Scrum para mejorar el proceso de autorizaciones e infracciones en la dirección regional de transportes y comunicaciones de Ayacucho [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Perú].

[3] Barragán López, C., & Molano Galindo, J. (n.d.). Aplicación web para el registro de asistencia y expedición de certificados mediante

códigos QR en los portales interactivos de la localidad Ciudad Bolívar.

[4] Benítez-Cárdenas J., Lucas-García D. (2019). Sistema web/móvil para el proceso de gestión del control de pasajes de la cooperativa de transporte “TRANSPOLITANA SA”. Revista Científica de Informática ENCRYPTAR-IS SN: 2737-6389, vol.2.

[5] Ccopa Yapura, D., & Condori Quispe, R. (2025). Aplicación web móvil para el servicio de transporte en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].

[6] Coronel Delgado, J. W., & Campozano Vascones, R. X. (2017). Sistema de control virtual para buses: ticket express (Bachelor's thesis, Espol). [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].

[7] Fernández Sosa J., Tesone F., Naiouf M., Boracchia M., Thomas P., Pesado P. (2022). Una aplicación web progresiva para la gestión de asistencia. XVII Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología-TE&ET 2022 (Entre Ríos, 15 y 16 de junio de 2022).

[8] Guerra Almeida, C. Y. (2019). Desarrollo de un prototipo móvil de registro de asistencia estudiantil mediante códigos QR y Cloud Computing para la Escuela Politécnica Nacional

[Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

[9] Guirao B., García A., López M., Acha C., Comendador J. (2015). New QR survey methodologies to analyze user perception of service quality in public transport: the experience of Madrid. *Journal of Public Transportation*, vol. 18, pp. 71-88.

[10] Hargunani K., Kengar P., Lokhande M., Gawade R., More S. (2018). Integrated bus system using QR code. 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA). IEEE, pp. 1-5.

[11] Jiménez, G. (2018). Sistema web de control de asistencia basado en web services y la biometría de huella dactilar para las instituciones educativas [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

[12] Mancilla Ortiz T., Vega Gaitán B. (2024). Estudio de viabilidad para la implementación de una app móvil a los estudiantes universitarios que utilizan transporte público en Villavicencio. [Trabajo de grado, Universidad de los Llanos].

[13] Reddy C., Reddy D., Srinivasan N., May an J. (2019). Bus ticket system for public transport

using QR code. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 01203 6. IOP Publishing.

[14] Salazar Medrano N., Espinoza Mendieta J (2018). Implementación de un sistema con códigos QR para optimizar el control de asistencia de alumnos, en la UAP Sede Huánuco.

[15] Shapiama Rengifo O. (2023). Uso de un aplicativo basado en código QR y su influencia en la gestión de control de asistencia de estudiantes en la Institución Educativa José María Arguedas de Cacatachi, 2020.

[16] Torres, C. (2019). Implementación de un sistema de control de asistencia con código QR para la institución educativa Ricardo Palma [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

[17] Vásquez Villar F., Ordóñez Gayón M., Calderón Villamizar H., Urbina Alarcón V. (2019). Sistema de información para la gestión de las rutas de transporte público en el Área Metropolitana de Cúcuta.

[18] Zambrano Onofre F., Garcia Betalleluz M. (2023). Aplicación web services para el control de registro de asistencia de los estudiantes en la Institución Educativa Tupac Amaru II del distrito de Daniel Hernández–Tayacaja.