



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA HÁBITAT, INGENIO Y CREATIVIDAD**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.**

**PROTOTIPO DE SEGURIDAD Y SEGUIMIENTO EN RUTAS CON GPS PARA
PRÁCTICAS DE CONDUCCIÓN EN LA ESCUELA DE CAPACITACIÓN DEL
SINDICATO DE CHOFERES PROFESIONALES DEL CANTÓN ESPEJO**

KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO

TUTOR: RICARDO PATRICIO RUIZ QUIRANZA

IBARRA – ECUADOR

JULIO, 2025

Ibarra, julio de 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de titulación titulado:

Prototipo de seguridad y seguimiento en rutas con GPS para prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, presentado por el estudiante KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO con cédula de ciudadanía N° 0401962675, para obtener el Título de INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

16/07/25, 12:14 p.m.

Turnitin - Originality Report - Trabajo Titulación final 16-07-24

Turnitin Originality Report	
Processed on: 16-Jul-2025 12:05 -05 ID: 2715940205 Word Count: 24223 Submitted: 1	
Trabajo Titulación final 16-07-24 By KARLA NIKOLE BAEZ PRADO	
Similarity Index	Similarity by Source
5%	Internet Sources: 4% Publications: 0% Student Papers: 3%

2% match (student papers from 04-Jul-2024) Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2024-07-04
2% match () Andino Peñafiel, Karla Estefania, "Propuesta de un plan estratégico de marketing para la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del cantón Colta, periodo 2016 - 2017", Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017
1% match (student papers from 22-Jan-2025) Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2025-01-22
1% match (Internet from 18-Mar-2025) https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e8cac976-69ef-4ef4-864e-5fab97fe27a3/content
1% match (Internet from 18-Mar-2025) https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d2636891-2e97-421e-aeba-23a9dafb07ce/content

(f):

Mgs. Ruiz Quiranza Ricardo Patricio

TUTOR DE TRABAJO

C.C.: 1002836524

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f): 

Mgs. Ruiz Quiranza Ricardo Patricio

C.C.: 1002836524

(f): 

Mgs. Ibarra Estevez José Luis

C.C.: 1002640728

(f): 

Mgs. Baroja Llanos Diego Fernando

C.C.: 1002402061

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 10 de Julio de 2025

(f):  _____

KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO

C.C.: 0401962675

AUTORIA

Yo, *KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO*, portador de la cedula de ciudadanía N° 0401962675, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO

C.C.: 0401962675

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi refugio y mi fuerza, por darme la vida y la oportunidad de cumplir cada uno de mis sueños. Gracias por abrir caminos cuando parecía que no había salida, por darme paz en medio de las tormentas y por llenarme de esperanza y fe cada día.

A mis queridos padres, Javier Báez y Brasilia Prado, a quienes debo mi esencia, mi fortaleza y mi carácter. Ustedes, con su amor incondicional, sacrificios y ejemplos de vida, me enseñaron que no hay obstáculo insuperable cuando se lucha con pasión y humildad. Gracias por ser el soporte firme en mis momentos de debilidad, por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba, y por inculcarme el valor del esfuerzo, la paciencia y la gratitud. Cada paso que doy es un reflejo de su dedicación y amor infinito.

A mis hermanos Sabelly, Martin y Maykel, compañeros inseparables de vida, quienes con sus risas, consejos y compañía hicieron que el camino fuera más liviano y alegre. Gracias por ser mis cómplices en sueños, mis confidentes en desafíos y mis pilares en cada tropiezo. Su presencia constante me ha demostrado que la familia es el tesoro más valioso y la fuente inagotable de fortaleza y amor.

A toda mi familia, por cada abrazo cálido, cada oración sincera y por celebrar conmigo cada pequeño triunfo, cada paso adelante. Este logro no es solo mío, es de todos ustedes que han creído y apoyado con tanto cariño y entrega. Su amor ha sido el viento bajo mis alas, y por eso les dedico esta victoria con todo mi corazón.

A mis amigos Dome, Keny, Bladhy, Jhonny, Carlos, Joel y Diego, quienes con su compañía, consejos y sonrisas hicieron más ligero este recorrido. Gracias por estar presentes en los días buenos y en los difíciles, por motivarme y recordarme mi propósito.

Y a Cris, una persona muy especial, cuyo apoyo incondicional y paciencia infinita me dieron fuerzas cuando las mías parecían agotarse. Gracias por creer en mí con una fe que a veces ni yo misma tenía, por ser inspiración constante y por caminar a mi lado, sin importar la dificultad, en este capítulo tan importante de mi vida. Tu presencia, cariño y apoyo han hecho que este logro tenga un significado aún más profundo.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento al Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, por brindarme el respaldo institucional y la confianza necesaria para la realización de este proyecto. Su apertura y colaboración han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de esta investigación.

De manera especial, agradezco a la PhD. Laura Guerra, por su valiosa orientación técnica, su compromiso profesional y su apoyo constante durante todo el proceso. Su experiencia y dedicación enriquecieron cada etapa de este trabajo.

Asimismo, extendiendo mi sincero reconocimiento al Magíster Patricio Ruiz, por su guía académica, sus acertadas observaciones y el respaldo que me brindó, los cuales fueron cruciales para fortalecer la calidad y rigor de esta tesis.

Finalmente, agradezco profundamente a mis lectores, el Magister José Luis Ibarra y el Magister Diego Baroja, por dedicar tiempo y esfuerzo a la revisión crítica de este documento. Sus comentarios y sugerencias han aportado significativamente al perfeccionamiento del contenido, lo que sin duda se refleja en el resultado final.

A todos ustedes, mi gratitud y respeto, pues sin su apoyo y colaboración este logro no habría sido posible.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
AUTORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I:.....	5
ESTADO DEL ARTE.....	5
<i>1. Antecedentes.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1 Marco teórico.....</i>	<i>7</i>
1.1.1 Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo:	7
1.1.2 Rol de la Escuela de Capacitación en la formación de conductores.	7
1.1.3 Necesidades y desafíos actuales en la gestión de prácticas de conducción.....	9
<i>1.2 Sistemas de Monitoreo y Seguimiento:.....</i>	<i>10</i>
1.2.1 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de sistemas de seguimiento.	11
<i>1.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....</i>	<i>13</i>
1.3.1 Precisión, errores y correcciones en la señal GPS	13
1.3.2 Aplicaciones del GPS en la navegación y el seguimiento vehicular.....	14
<i>1.4 Internet de las Cosas (IoT).....</i>	<i>15</i>

1.4.1	Dispositivos y sensores utilizados en sistemas de monitoreo vehicular	16
1.4.2	Integración con sistemas institucionales	17
1.5	<i>Sistemas de transporte inteligentes (ITS)</i>	18
1.6	<i>Componentes y tecnologías clave en los ITS</i>	19
CAPÍTULO II:.....		22
MATERIALES Y MÉTODOS		22
2.1	<i>Generalidades de la investigación</i>	22
2.2	<i>Técnicas de recolección de datos e información</i>	23
2.2.1	Instrumentos de recolección de Datos e información.....	23
2.3	<i>Metodología de desarrollo</i>	27
2.4	<i>Fase 1: Desarrollo del Prototipo</i>	30
2.4.1	Metodología prototipada	30
2.4.2	Recolección y refinamiento de requisitos	31
2.4.2.1	Requisitos Funcionales	31
2.4.2.2	Requisitos no funcionales	32
2.5	<i>Diseño preliminar prototipo</i>	33
2.5.1	Estructura funcional prototipo.....	33
2.5.2	Implementación	36
2.6	<i>Fase 2: Desarrollo de plataforma web</i>	39
2.6.1	Metodología Scrum.....	39
2.6.2	Planificación del Sprint.....	39
2.6.6	Historias de usuario.....	43
2.6.7	Definición del product backlog (planificación).....	48
2.7	<i>Diseño Preliminar Plataforma</i>	51
2.7.1	Arquitectura del Sistema.....	56
2.7.2	Diseño de Base de Datos	57
2.7.3	Diseño de interfaz	58

2.7.4 Herramientas Tecnológicas.....	61
CAPÍTULO III:.....	64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
3.1 <i>Resultados Fase 1. Desarrollo de prototipo GPS</i>	64
3.1.1 Etapa 1: Integración electrónica	65
3.1.2 Etapa 2: Validación en campo.....	66
3.2 <i>Resultados Fase 2. Desarrollo Plataforma Web</i>	69
3.2.1 Interfaz de acceso seguro al sistema	69
3.2.2 Interfaz panel de control principal.....	71
3.2.3 Interfaz rastreo en vivo	72
3.2.4 Interfaz gestión de estudiantes.....	72
3.2.5 Interfaz gestión de instructores.....	74
3.2.6 Interfaz gestión de vehículos.....	76
3.2.7 Interfaz gestión rutas	78
3.2.8 Interfaz Gestión de dispositivos GPS.....	81
3.2.9 Interfaz prácticas.....	82
3.2.10 Interfaz configuración del sistema	84
3.2.11 Notificaciones de salida de ruta	85
3.3 <i>Pruebas del prototipo</i>	88
3.4 <i>Pruebas del sistema</i>	96
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo de vida prototipado.....	28
Figura 2	Ciclo de entrega ágil (Scrum)	29
Figura 3	Flujograma del prototipo.....	33
Figura 4	Flujograma del trabajo prototipo y plataforma	35
Figura 5	Flujograma del botón de emergencia/ prototipo	35
Figura 6	Diagrama Conexión del prototipo.....	37
Figura 7	Diagrama de caso de uso gestión de usuarios	52
Figura 8	Diagrama de secuencia para inicio de sesión	53
Figura 9	Diagrama Generación de reportes	54
Figura 10	Flujograma del sistema	55
Figura 11	Patrón de diseño MVC.....	57
Figura 12	Diseño de la base de datos	58
Figura 13	Diseño de Interfaz Gráfica.....	59
Figura 14	Diseño de interfaz de login (Autenticación)	60
Figura 15	Prototipo durante la fase de integración electrónica	66
Figura 16	Prototipo ensamblado en su diseño final.....	68
Figura 17	Prototipo instalado dentro del vehículo.....	69
Figura 18	Pantalla de inicio de sesión de la plataforma web.....	70
Figura 19	Pantalla de panel de control principal	71
Figura 20	Pantalla de rastreo en vivo	72
Figura 21	Pantalla de gestión de estudiantes.....	73
Figura 22	<i>Pantalla registrar estudiantes</i>	73
Figura 23	Pantalla gestión instructores.....	75
Figura 24	Pantalla registrar instructores.....	75
Figura 25	Pantalla información instructores.....	76
Figura 26	Pantalla asignar estudiantes a instructores	76
Figura 27	Pantalla gestión de vehículos	77

Figura 28	Pantalla de registrar vehículos	78
Figura 29	Pantalla de historial de vehículos	78
Figura 30	Pantalla gestión de rutas.....	79
Figura 31	Pantalla de rutas predefinidas.....	80
Figura 32	Pantalla de generador de reportes	80
Figura 33	Pantalla gestión de dispositivos GPS	81
Figura 34	Pantalla agregar nuevo dispositivo.....	82
Figura 35	Pantalla gestión de prácticas	83
Figura 36	Pantalla nueva ruta	84
Figura 37	Pantalla configuración del sistema	85
Figura 38	Notificaciones en pantalla de panel de control	86
Figura 39	Notificaciones en icono de campana	87
Figura 40	Notificaciones en icono de campana	88
Figura 41	Pantalla de captura de coordenadas en icono de campana.....	90
Figura 42	Pantalla de conexión wifi	91
Figura 43	Pantalla de conexión 4G.....	92
Figura 44	Pantalla de captura de acción del botón.....	94
Figura 45	Pantalla de captura de desconexión de señal.....	96
Figura 46	Pantalla de prueba de visualización en tiempo real	99
Figura 47	Pantalla de pruebas de visualización de recorridos históricos	103
Figura 48	Pantalla de recepción de datos GPS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ficha de observación de rutas prescritas zona urbana _____	23
Tabla 2	Ficha de observación de rutas prescritas zona rural _____	24
Tabla 3	Ficha de observación de reportes de incidentes vía WhatsApp _____	26
Tabla 4	Requisitos funcionales (prototipado) _____	31
Tabla 5	Requisitos no funcionales (prototipado) _____	32
Tabla 6	Resumen de pruebas manuales realizadas en el prototipo GPS _____	38
Tabla 7	Requisitos funcionales (plataforma web) _____	40
Tabla 8	Requisitos no funcionales (plataforma web) _____	41
Tabla 9	Historia de usuario _____	43
Tabla 10	Análisis y refinamiento de las historias de usuario _____	48
Tabla 11	Distribución de Sprints. _____	50
Tabla 12	Resumen de pruebas realizadas en la plataforma web _____	62
Tabla 13	Pruebas de encendido de prototipo _____	89
Tabla 14	Pruebas de captura de coordenadas _____	89
Tabla 15	Pruebas de conexión wifi _____	91
Tabla 16	Pruebas de conexión 4G _____	92
Tabla 17	Pruebas de botón de emergencia _____	93
Tabla 18	Pruebas de envío de datos GPS _____	94
Tabla 19	Pruebas de manejo de desconexiones _____	95
Tabla 20	Pruebas de inicio de sesión _____	97
Tabla 21	Pruebas de visualización en tiempo real _____	98
Tabla 22	Pruebas de gestión de usuarios _____	99
Tabla 23	Pruebas de Generación de reportes _____	100
Tabla 24	Pruebas de visualización de recorridos históricos _____	102
Tabla 25	Pruebas de control de acceso _____	104
Tabla 26	Pruebas de recepción de datos GPS _____	105

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como propósito principal el desarrollo de un prototipo de seguridad y seguimiento en rutas con tecnología GPS, orientado a mejorar los procesos de supervisión durante las prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Esta iniciativa surge ante la necesidad de modernizar el control vehicular en tiempo real, optimizando la seguridad de los estudiantes y la eficiencia en el monitoreo de sus recorridos, frente a un sistema tradicional limitado y poco automatizado.

Para alcanzar este objetivo general, se plantearon cinco objetivos específicos: analizar las necesidades reales del proceso de monitoreo vehicular, diseñar e implementar un prototipo funcional basado en un dispositivo GPS, desarrollar una plataforma web para la visualización y gestión de la información, establecer un protocolo de comunicación para emergencias y validar el correcto funcionamiento del sistema mediante pruebas en campo.

En cuanto a la metodología, se aplicaron dos enfoques complementarios: la metodología de prototipado para el desarrollo iterativo del dispositivo GPS basado en el módulo ESP32 y T-SIM7000G y la metodología ágil Scrum para la planificación y ejecución del desarrollo de la plataforma web, utilizando tecnologías modernas como React, Supabase y PostgreSQL. Estas metodologías permitieron una retroalimentación constante, pruebas continuas y adaptabilidad durante el desarrollo.

Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del sistema propuesto. El prototipo GPS logró capturar coordenadas con precisión, enviar datos a la nube tanto por red WiFi como por red 4G, y emitir alertas mediante un botón de emergencia. Por otro lado, la plataforma web permitió a los administradores visualizar la ubicación de los vehículos en tiempo real, generar reportes de recorridos, gestionar instructores y estudiantes, y recibir notificaciones automáticas en caso de desvíos de ruta.

Las pruebas funcionales e integrales aplicadas al prototipo y al sistema web validaron el cumplimiento de los requerimientos definidos, evidenciando un alto nivel de usabilidad, estabilidad y confiabilidad. La solución tecnológica desarrollada no solo responde a las necesidades identificadas, sino que también aporta mejoras sustanciales en la seguridad y control del proceso formativo de los futuros conductores profesionales.

Como recomendación final, se sugiere escalar esta propuesta a un entorno institucional más amplio, incorporar funcionalidades adicionales como alertas por exceso de velocidad y almacenamiento de datos offline, y dar continuidad al mantenimiento y actualización del sistema, para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: GPS, seguimiento vehicular, prácticas de conducción, seguridad, plataforma web, ESP32, T-SIM7000G, React.

ABSTRACT

The main purpose of this graduation project is to develop a GPS-enabled route safety and monitoring prototype, aimed at improving supervision processes during driving practice at the Espejo Canton Professional Drivers' Union Training School. This initiative arose from the need to modernize real-time vehicle monitoring, optimizing student safety and improving efficiency in route monitoring, compared to a traditional, limited and poorly automated system.

To achieve this overall objective, five specific objectives were set: analyze the real needs of the vehicle monitoring process; design and implement a functional prototype based on a GPS device; develop a web platform for information visualization and management; establish an emergency communication protocol; and validate the system's proper functioning through field testing. Regarding the methodology, two complementary approaches were applied: the prototyping methodology for the iterative development of the GPS device based on the ESP32 module and T-SIM7000G, and the agile Scrum methodology for planning and executing the development of the web platform, using modern technologies such as React, Supabase, and PostgreSQL. These methodologies allowed for constant feedback, continuous testing, and adaptability during development.

The results obtained demonstrate the effectiveness of the proposed system. The GPS prototype was able to accurately capture coordinates, send data to the cloud via both Wi-Fi and 4G networks, and issue alerts via an emergency button. Furthermore, the web platform allowed administrators to view vehicle locations in real time, generate route reports, manage instructors and students, and receive automatic notifications in case of route deviations.

Functional and comprehensive testing applied to the prototype and the web system validated compliance with the defined requirements, demonstrating a high level of usability, stability, and reliability. The technological solution developed not only responds to the identified needs but also provides substantial improvements in the safety and control of the training process for future professional drivers.

As a final recommendation, we suggest scaling this proposal to a broader institutional environment, incorporating additional features such as speeding alerts and offline data

storage, and ensuring continued maintenance and updates of the system to ensure its long-term sustainability.

Keywords: GPS, vehicle tracking, driving practice, safety, web platform, ESP32, T-SIM7000G, React.

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y tecnología camina a pasos agigantados, sobre todo, busca dar solución a problemas cotidianos y concretos; tanto es así que el Internet de las Cosas (IoT, sigla en inglés), combinando sensores, software y otras tecnologías, busca gestionar y controlar de manera eficiente y oportuna situaciones que hasta hace pocos años eran impensables, aportando de esta manera en la solución de problemas a la sociedad. Por lo tanto, es importante hacer uso de estos conocimientos científicos y tecnológicos en casos puntuales (instituciones o empresas), con el fin de contribuir en el aprovechamiento efectivo de sus recursos y en la minimización de pérdidas y riesgos. En este contexto, la integración del IoT con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se destaca como una solución estratégica para abordar desafíos específicos. El IoT, al posibilitar la interconexión de dispositivos físicos a través de la red, permite la recopilación de datos en tiempo real y la toma de decisiones informadas (Al-Fuqaha et al., 2015). Cuando se combina con el GPS, el sistema resultante va más allá de la simple ubicación geográfica, ya que el GPS proporciona una localización precisa de los dispositivos, como vehículos, en cualquier momento.

La implementación del Internet de las Cosas (IoT) en sistemas de seguridad y seguimiento vehicular permite la integración de tecnologías avanzadas para mejorar la supervisión y control de rutas en tiempo real. A través de sensores IoT instalados en los vehículos, es posible recopilar datos sobre ubicación, los cuales son transmitidos mediante redes móviles como 4G/5G o LPWAN hacia una plataforma central de monitoreo. Este sistema posibilita la generación de alertas automáticas ante situaciones anómalas, permitiendo una supervisión remota y eficiente. Además, la incorporación de un sistema de análisis de datos y visualización en una plataforma virtual facilita la evaluación del comportamiento de los vehículos y conductores, optimizando la gestión de la información para la toma de decisiones. Con esta tecnología, se logra automatizar el monitoreo, reducir la intervención manual y fortalecer la seguridad en el uso de vehículos, promoviendo un enfoque más eficiente, inteligente y conectado en la movilidad y el transporte.

La Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, es una institución con una trayectoria significativa en la formación y representación de los conductores profesionales en el Ecuador. Fundada en 1962, ha

desempeñado un papel crucial en la mejora de las condiciones laborales y en la capacitación de sus miembros, promoviendo el desarrollo de una conducción responsable y segura. A lo largo de los años, ha impulsado diversas iniciativas, entre ellas la creación de su Escuela de Capacitación, donde se preparan conductores con altos estándares de formación teórica y práctica. Además, ha contribuido al fortalecimiento del sector transporte mediante la modernización de sus servicios y la implementación de estrategias orientadas a la seguridad vial. En este proceso de modernización, el sindicato ha buscado incorporar herramientas tecnológicas que optimicen la enseñanza y supervisión de los futuros conductores. La integración de sistemas de monitoreo avanzados representa una oportunidad para mejorar el control de las prácticas de conducción, facilitando el seguimiento en tiempo real del desempeño de los estudiantes y reforzando la seguridad durante su entrenamiento.

Actualmente, el Sindicato de Conductores Profesionales del cantón Espejo enfrenta grandes desafíos en materia de seguridad y supervisión efectiva de los futuros conductores profesionales durante sus lecciones de conducción. La falta de un sistema de seguimiento en tiempo real que utilice tecnología GPS dificulta el seguimiento preciso y oportuno del rendimiento del conductor durante el entrenamiento. Esto da como resultado el aprendizaje en un entorno inseguro y frecuentes accidentes y desviaciones de rutas predeterminadas. Además, la falta de un sistema de seguimiento en tiempo real impide tener una visión general inmediata y detallada de la ubicación y actividad de los vehículos utilizados en los ejercicios de conducción. Esta falta de visibilidad afecta la capacidad de los instructores y estudiantes para monitorear el cumplimiento de las rutas planificadas y las prácticas establecidas, lo que resulta en una falta significativa de efectividad en la capacitación. Las escuelas de capacitación para choferes profesionales hoy en día no disponen de sistemas de seguridad y seguimiento de los vehículos utilizados para los ejercicios de conducción para todo tipo de permisos. Todo lo anterior está afectando a la formación de los nuevos profesionales de la conducción, y según las estadísticas del INEC, el 51,9% de todos los accidentes de tráfico registrados en 2022 se debieron a la impericia e imprudencia del conductor, quedando demostrado que esta es la principal causa y que la calidad de la conducción y la formación está disminuyendo. Necesita mejoras para nuevos conductores profesionales (INEC, 2023).

Todas estas circunstancias impulsaron a la autora a desarrollar una investigación que relacionara el GPS con la seguridad tanto de conductores como de aprendices,

mediante la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real que permita optimizar la supervisión de las prácticas de conducción, garantizar el cumplimiento de las rutas establecidas y prevenir posibles incidentes. Esta propuesta busca aportar al fortalecimiento de los procesos formativos dentro de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, integrando tecnología de punta para mejorar los niveles de seguridad, eficiencia y control. Para lograr este propósito, se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Desarrollar un prototipo de seguridad y seguimiento en rutas con GPS para prácticas de conducción en la escuela de capacitación del sindicato de choferes profesionales del Cantón Espejo.

Objetivos Específicos:

- Realizar un análisis detallado de las necesidades de seguimiento y monitoreo de los vehículos de práctica utilizados por la escuela de capacitación del sindicato de choferes profesionales del cantón Espejo para la identificación de los requisitos específicos para el desarrollo de un dispositivo GPS personalizado.
- Elaborar un prototipo de dispositivo GPS para su instalación en los vehículos de práctica de la escuela de capacitación del sindicato de choferes profesionales del Cantón Espejo.
- Desarrollar un programa de software para el seguimiento y monitoreo en tiempo real de los vehículos en las prácticas de conducción de la escuela de capacitación del sindicato de choferes profesionales del Cantón Espejo.
- Establecer un protocolo de comunicación y notificación en caso de situaciones de emergencia o incidentes durante las prácticas de conducción de la escuela de capacitación del sindicato de choferes profesionales del cantón Espejo.
- Evaluar la propuesta para asegurarse de que el sistema funcione correctamente y cumpla con los objetivos de seguridad y control establecidos.

El presente trabajo consta de tres (3) capítulos: el primero aborda el planteamiento del problema, los antecedentes teóricos y la fundamentación conceptual relacionada con el uso de GPS en prácticas de conducción. El segundo capítulo describe las herramientas tecnológicas utilizadas, la metodología de desarrollo y la implementación del prototipo de seguridad y seguimiento en rutas. Finalmente, el tercer capítulo presenta los resultados obtenidos tras la implementación del sistema, su evaluación en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo y las conclusiones del estudio.

CAPÍTULO I:

ESTADO DEL ARTE

Actualmente, el desarrollo de soluciones tecnológicas para el monitoreo y seguimiento vehicular ha tomado especial relevancia en sectores como la educación, la movilidad y la seguridad vial. Frente a los desafíos que enfrentan las instituciones de formación de conductores profesionales (como el control limitado de las prácticas de conducción, la falta de trazabilidad y la necesidad de aumentar la seguridad) diversas investigaciones han explorado sistemas basados en el Internet de las Cosas (IoT) y tecnologías GPS como respuesta a estas problemáticas.

1. Antecedentes

Esta sección recopila y analiza estudios recientes que implementan tecnologías similares al prototipo desarrollado, priorizando aquellos que abordan contextos educativos, de transporte inteligente o de monitoreo vehicular en tiempo real. Los proyectos seleccionados demuestran la viabilidad técnica y operativa de integrar sensores, microcontroladores, redes de comunicación y plataformas digitales para supervisar de manera eficiente el comportamiento de vehículos y usuarios en distintos escenarios.

A partir del análisis de estos antecedentes, se identifican características clave, enfoques funcionales y aportes relevantes que contribuyen a sustentar el desarrollo del sistema propuesto para la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Asimismo, se reconocen diferencias metodológicas y enfoques de aplicación que permiten contextualizar la presente propuesta como una solución adaptada a las necesidades específicas del entorno formativo local.

En la actualidad, el desarrollo de sistemas inteligentes de monitoreo vehicular ha cobrado gran relevancia en ámbitos como el transporte, la educación y la seguridad vial. Numerosos estudios e investigaciones han explorado soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT) que integran sensores, microcontroladores y tecnologías de localización como el GPS, permitiendo el seguimiento en tiempo real, la gestión eficiente de vehículos y la mejora de la seguridad.

Uno de los trabajos más destacados es el desarrollado por Mallidi y Vineela (2018), quienes propusieron un Sistema de Monitoreo Inteligente de Vehículos (SVMS)

basado en IoT. Este sistema utiliza una Raspberry Pi integrada con sensores de aceleración e impacto, una cámara y un módulo GPS. Además, emplea algoritmos de aprendizaje automático para detectar accidentes, determinar su nivel de severidad y enviar notificaciones a las autoridades competentes. Esta investigación demostró que es posible implementar un sistema autónomo capaz de identificar emergencias y localizar vehículos de manera precisa, reforzando la necesidad de integrar tecnologías de IoT y procesamiento inteligente de datos para aumentar la seguridad en la conducción (Mallidi & Vineela, 2018).

Otro proyecto significativo es el desarrollado por Gadade et al. (2024), quienes presentaron un Sistema Inteligente de Monitoreo de Buses Escolares y Seguimiento de Estudiantes utilizando el microcontrolador ESP32. Este sistema combina un módulo GPS, un lector RFID, un módulo RTC, una pantalla LCD y la integración con Google Sheets para el registro automatizado de la asistencia y la ubicación del vehículo. El enfoque se centra en la seguridad y eficiencia del transporte escolar, brindando monitoreo en tiempo real tanto del bus como de los estudiantes, automatizando los procesos de registro de abordaje y descenso. La arquitectura propuesta ofrece una solución escalable y adaptable, destacando el uso de tecnología de bajo costo y alto rendimiento, ideal para entornos educativos.

Ambos estudios comparten elementos clave como el uso de tecnología GPS, la comunicación en tiempo real a través de redes móviles y la automatización de procesos críticos, lo cual guarda estrecha relación con el presente trabajo. Sin embargo, mientras que Mallidi y Vineela (2018) se centran en la detección de accidentes y el control remoto del vehículo, el estudio de Gadade et al. (2024) destaca por su enfoque en la trazabilidad de estudiantes y la integración con la nube. Estos antecedentes aportan evidencia concreta sobre la viabilidad de aplicar tecnologías similares en el contexto de la formación de conductores profesionales, permitiendo desarrollar un prototipo de seguimiento y seguridad vehicular con GPS adaptado a las necesidades de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

1.1 Marco teórico

1.1.1 Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo:

El Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo es una institución fundada en el año 1962, con el propósito de agrupar a los conductores profesionales del cantón, promover la defensa de sus derechos laborales y contribuir al desarrollo del sector del transporte en la provincia del Carchi y la región norte del Ecuador. Desde sus inicios, ha desempeñado un papel relevante no solo en la representación gremial, sino también en el fortalecimiento de la formación técnica y profesional de sus miembros a través de su Escuela de Capacitación (Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, s.f.).

Con el paso de los años, esta organización ha impulsado diversos proyectos en beneficio de sus afiliados y de la comunidad, entre ellos la modernización de unidades de transporte, la creación de cooperativas, y la gestión de servicios complementarios como asistencia social, asesoría jurídica y educación continua. Un hito importante en su trayectoria fue la creación de la emisora radial “Ondas al Volante” en 1978, concebida como un canal de comunicación y educación vial para la ciudadanía (SCHPCE, s.f.).

La institución ha tenido como eje principal de acción la formación de conductores responsables, éticos y competentes. A través de su Escuela de Capacitación, avalada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), ofrece cursos de formación y convalidación para licencias tipo C, D y E, en los cuales se imparten conocimientos teóricos y prácticos que permiten garantizar la preparación integral de los futuros profesionales de la conducción (Agencia Nacional de Tránsito [ANT], 2023).

En cuanto a su misión, el Sindicato busca "formar conductores profesionales altamente capacitados, comprometidos con la seguridad vial y los valores éticos del transporte, contribuyendo al desarrollo social y económico del país".

Su visión es "ser una institución líder a nivel regional y nacional en formación de conductores, innovadora, comprometida con la excelencia y la responsabilidad social, que promueve una cultura de seguridad vial y respeto al usuario" (SCHPCE, s.f.).

1.1.2 Rol de la Escuela de Capacitación en la formación de conductores.

La Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo desempeña un papel fundamental en la formación de conductores profesionales

en el norte del país. Como parte integral del sindicato, esta escuela no solo brinda formación técnica y práctica, sino que también promueve una cultura de seguridad vial, responsabilidad ciudadana y compromiso con la calidad del servicio en el transporte público y privado (SCHPCE, s.f.).

Esta institución está autorizada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y se rige por los lineamientos establecidos en el Reglamento de Escuelas de Formación de Conductores Profesionales (Resolución Nro. 010-DIR-2022-ANT). En este marco, se encarga de impartir cursos de conducción para licencias profesionales tipo C, D y E, cumpliendo con estándares nacionales en cuanto a infraestructura, equipamiento vehicular, perfil del instructor y malla curricular (ANT, 2023).

El rol de la Escuela va más allá de la simple capacitación técnica. Su enfoque incluye una formación integral que abarca conocimientos en normativas de tránsito, mecánica básica, primeros auxilios, conducción defensiva, ética profesional y servicio al usuario. Además, busca asegurar que los futuros conductores estén preparados para afrontar situaciones reales en la vía pública con criterio, seguridad y responsabilidad (ANT, 2023; INEC, 2023).

En este sentido, la escuela cumple una función estratégica dentro del proceso de profesionalización del transporte en Ecuador, ya que los conductores formados en estas instituciones tienen un impacto directo en la seguridad vial y en la calidad del servicio brindado a la ciudadanía. La falta de formación adecuada ha sido identificada como una de las principales causas de siniestros de tránsito en el país, por lo que el fortalecimiento de estas entidades formativas resulta esencial (INEC, 2023).

Por ello, el rol de la Escuela de Capacitación no solo se limita a instruir, sino que también actúa como un agente de cambio social, al promover una movilidad segura y eficiente. Su contribución a la formación de conductores profesionales incide directamente en la reducción de accidentes, el ordenamiento del tránsito y la profesionalización del sector transportista a nivel cantonal y nacional.

1.1.3 Necesidades y desafíos actuales en la gestión de prácticas de conducción.

La gestión de las prácticas de conducción representa uno de los pilares esenciales en el proceso de formación de los conductores profesionales. Sin embargo, en instituciones como la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, existen múltiples necesidades y desafíos que limitan la efectividad del proceso formativo, especialmente en lo que se refiere al control, la supervisión y la seguridad durante las prácticas en campo.

Uno de los principales retos es la falta de herramientas tecnológicas para el monitoreo en tiempo real de los vehículos utilizados durante las prácticas. Esto dificulta el seguimiento preciso del recorrido de los estudiantes, la verificación del cumplimiento de rutas establecidas y la reacción oportuna ante emergencias o desviaciones no planificadas (SHPCE, s.f.).

A ello se suma la ausencia de indicadores objetivos sobre el rendimiento de los estudiantes durante las sesiones prácticas, lo que impide medir con precisión su progreso y limita la capacidad de los instructores para tomar decisiones pedagógicas personalizadas. La dependencia casi exclusiva del acompañamiento presencial por parte del instructor también representa un riesgo potencial, ya que no todos los eventos pueden ser registrados o documentados eficientemente (Piedra & Suárez, 2018).

Otro desafío importante es la necesidad de garantizar condiciones de seguridad tanto para los estudiantes como para los instructores. De acuerdo con cifras de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), se reportan alrededor de cinco incidentes o accidentes mensuales durante prácticas de conducción en distintas escuelas del país, especialmente en el caso de conductores novatos (ANT, 2020). Estos incidentes no solo ponen en riesgo la integridad de los participantes, sino que además pueden afectar la imagen institucional y generar complicaciones legales.

Asimismo, la falta de integración entre las prácticas de conducción y la sistematización de datos limita la generación de informes que permitan evaluar la eficiencia de las rutas, la frecuencia de errores comunes, o el tiempo promedio que tarda un estudiante en dominar una maniobra determinada. Esto afecta directamente la mejora continua del proceso educativo (Lin, Wang & Ma, 2021).

En este contexto, se vuelve imprescindible incorporar tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que permitan automatizar procesos, registrar información crítica y ofrecer un control más eficiente y seguro de las prácticas de conducción. La integración de estos sistemas no solo resolvería problemas operativos, sino que fortalecería los estándares de calidad en la formación de conductores profesionales, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial a nivel nacional.

1.2 Sistemas de Monitoreo y Seguimiento:

Los sistemas de monitoreo y seguimiento son herramientas tecnológicas que permiten observar, registrar y analizar el comportamiento de procesos, personas o dispositivos en tiempo real o en períodos determinados. Estos sistemas son ampliamente utilizados en diversos sectores como la salud, la industria, la educación y el transporte, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones, aumentar la eficiencia operativa y garantizar la seguridad.

Según Marwedel (2018), un sistema de monitoreo puede definirse como un conjunto de componentes interconectados que permiten recolectar información mediante sensores o dispositivos de captura, procesarla a través de medios computacionales y presentarla de forma comprensible al usuario final para su interpretación y actuación. Este tipo de sistemas se caracteriza por su capacidad de operar de forma continua o en intervalos específicos, facilitando la supervisión remota y la automatización de procesos críticos.

Estos sistemas también pueden incorporar algoritmos de inteligencia artificial o aprendizaje automático para identificar patrones de comportamiento y optimizar la toma de decisiones, lo que permite un enfoque proactivo en la gestión operativa y la seguridad (Al-Fuqaha et al., 2015).

- Aplicaciones de los sistemas de monitoreo del transporte y seguridad vial.

Los sistemas de monitoreo y seguimiento han transformado significativamente la gestión del transporte y la seguridad vial a nivel global. Estas tecnologías permiten una supervisión en tiempo real del comportamiento vehicular, facilitando la recolección de datos precisos sobre ubicación, velocidad, rutas, patrones de conducción, y posibles

infracciones. Su aplicación ha mejorado la eficiencia del transporte, reducido los índices de siniestralidad vial y optimizado la toma de decisiones tanto en el ámbito público como privado.

Una de las principales aplicaciones en el sector del transporte es la gestión de flotas vehiculares, donde los sistemas de rastreo GPS permiten monitorear la ubicación exacta de cada unidad, controlar tiempos de recorrido, consumo de combustible, paradas no autorizadas y comportamientos de riesgo como aceleraciones bruscas o exceso de velocidad (García, Ruiz & González, 2020). Esta información se utiliza para optimizar rutas, reducir costos operativos y garantizar el cumplimiento de normativas.

En el ámbito de la seguridad vial, los sistemas de monitoreo contribuyen significativamente a la prevención de accidentes. Gracias a sensores instalados en los vehículos, es posible detectar eventos peligrosos y activar mecanismos de alerta temprana, tanto para el conductor como para el centro de control. Esto se alinea con la estrategia de conducción asistida y defensiva, promovida por organismos de tránsito para reducir la siniestralidad, especialmente en conductores novatos (Cheng, Ma & Wu, 2019).

Además, estas tecnologías se integran en entornos educativos y de capacitación, como es el caso de las escuelas de formación de conductores profesionales. Aquí, los sistemas de monitoreo permiten a los instructores dar seguimiento detallado a las prácticas de conducción, evaluar el desempeño individual, identificar errores frecuentes y proporcionar retroalimentación personalizada. Esta aplicación es clave en procesos de formación, ya que fortalece el aprendizaje práctico con datos objetivos que respaldan la evaluación (Piedra & Suárez, 2018).

1.2.1 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de sistemas de seguimiento.

Ventajas

Monitoreo en tiempo real: Una de las principales ventajas es la posibilidad de obtener información actualizada sobre la ubicación, velocidad y trayecto de los vehículos, lo que permite una supervisión constante y eficaz (Zhou, Zhang & Dong, 2020).

Mejora en la seguridad: Al integrar sensores y sistemas de alerta, estos dispositivos permiten detectar comportamientos de conducción peligrosos y generar

notificaciones inmediatas ante emergencias, lo cual reduce el riesgo de accidentes (Cheng, Ma & Wu, 2019).

Optimización del rendimiento: En contextos formativos, estos sistemas permiten evaluar de forma objetiva el desempeño del estudiante, identificar errores comunes y personalizar la retroalimentación por parte de los instructores (Piedra & Suárez, 2018).

Generación de reportes automáticos: Facilitan la recopilación y análisis de datos históricos, útiles para estudios de rendimiento, eficiencia de rutas, frecuencia de fallos, entre otros indicadores relevantes (Lin, Wang & Ma, 2021).

Reducción de costos a largo plazo: Aunque su implementación inicial puede ser costosa, los sistemas de seguimiento permiten reducir gastos operativos asociados a pérdidas, mantenimiento correctivo o siniestros.

Desventajas

- **Costo de implementación:** La adquisición de dispositivos GPS, sensores complementarios, plataformas de software y servicios de conectividad puede representar una inversión considerable, especialmente para instituciones educativas o gremiales con recursos limitados (García, Ruiz & González, 2020).
- **Dependencia de la conectividad:** Muchos sistemas requieren una conexión estable a redes móviles (3G, 4G o 5G) o satelitales. En zonas rurales o con poca cobertura, la efectividad del sistema puede verse limitada (Al-Fuqaha et al., 2015).
- **Privacidad y protección de datos:** El monitoreo constante puede generar preocupaciones en torno al uso y almacenamiento de los datos recopilados, especialmente si no existen protocolos adecuados de gestión y seguridad de la información (Zhou et al., 2020).
- **Mantenimiento y soporte técnico:** Estos sistemas requieren mantenimiento regular, actualizaciones de software y soporte técnico especializado, lo que puede implicar costos adicionales y dependencia de proveedores externos (Lin et al., 2021).

- Complejidad en la integración: La compatibilidad entre dispositivos, plataformas y protocolos de comunicación puede representar un reto técnico, especialmente cuando se busca integrar múltiples sistemas en una sola solución de monitoreo (Al-Fuqaha et al., 2015).

1.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación por satélite que proporciona información precisa de ubicación, velocidad y tiempo en cualquier lugar del mundo y bajo cualquier condición climática. Está estructurado en tres segmentos principales: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario. El segmento espacial está compuesto por una constelación de al menos 24 satélites operativos, distribuidos uniformemente en seis planos orbitales, que orbitan la Tierra a una altitud aproximada de 20.200 km. Estos satélites transmiten continuamente señales de navegación que contienen información sobre el tiempo y la posición del satélite (NASA, 2023).

El funcionamiento del GPS se basa en el principio de la trilateración, que consiste en medir la distancia entre el receptor y al menos cuatro satélites para determinar con precisión su ubicación en tres dimensiones: latitud, longitud y altitud. Para calcular estas distancias, el sistema utiliza el tiempo que tarda la señal en viajar desde el satélite hasta el receptor, lo cual requiere una sincronización extremadamente precisa de los relojes internos tanto en los satélites como en los dispositivos receptores (Kaplan & Hegarty, 2017).

1.3.1 Precisión, errores y correcciones en la señal GPS

La precisión del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) varía según el tipo de dispositivo, las condiciones ambientales y la tecnología de corrección utilizada. En general, un receptor GPS estándar proporciona una precisión horizontal de entre 5 y 10 metros, lo cual resulta aceptable para la mayoría de aplicaciones civiles. Sin embargo, cuando se emplean técnicas avanzadas como el GPS Diferencial (DGPS) o los sistemas de aumentación satelital (SBAS), es posible alcanzar precisiones de hasta un metro o menos (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger & Wasle, 2008). Esta mejora es esencial en entornos donde se requiere un control riguroso de rutas y movimientos, como en la

formación de conductores profesionales, donde una ubicación exacta permite evaluar con mayor objetividad el desempeño en campo.

Existen varios factores que afectan la precisión del GPS, generando errores en el cálculo de la posición. Entre los más comunes se encuentran los errores de reloj del receptor, los retrasos atmosféricos (ionosfera y troposfera), la multitrayectoria o multipath (cuando las señales rebotan en edificios u obstáculos), y la geometría de los satélites visibles en un momento dado. Estos elementos pueden provocar desviaciones significativas, especialmente en entornos urbanos o con mala visibilidad del cielo (Kaplan & Hegarty, 2017). Además, condiciones técnicas del hardware del receptor y la presencia de interferencias electromagnéticas pueden acentuar estos errores.

Para mitigar los errores inherentes al posicionamiento por GNSS y mejorar su precisión, se emplean diversos métodos de corrección. El Sistema de Posicionamiento Diferencial (DGPS) utiliza estaciones base terrestres que proporcionan correcciones diferenciales a los receptores, mejorando la precisión en áreas locales. Los Sistemas de Aumentación Basados en Satélites (SBAS), como WAAS y EGNOS, emplean una red de estaciones de referencia que recopilan datos de error, los cuales son transmitidos a satélites geoestacionarios y luego retransmitidos a los usuarios, ofreciendo mejoras de precisión en regiones amplias. Por su parte, el posicionamiento cinemático en tiempo real (RTK) se basa en mediciones de la fase de la portadora y requiere una estación base cercana que transmita correcciones en tiempo real al receptor móvil, alcanzando precisiones centimétricas. Sin embargo, la precisión del RTK puede verse afectada por factores como la calidad de los datos de la estación de referencia y la distancia entre esta y el usuario. Para mejorar la fiabilidad del RTK, se han propuesto integraciones con sistemas SBAS, lo que permite detectar y corregir fallos en los datos diferenciales del RTK, asegurando una mayor confiabilidad en el posicionamiento (Wang & Shen, 2024).

1.3.2 Aplicaciones del GPS en la navegación y el seguimiento vehicular

En el ámbito del seguimiento vehicular, el GPS se emplea para supervisar en tiempo real la posición, velocidad y comportamiento de vehículos en movimiento. Esta funcionalidad es clave para la gestión de flotas comerciales, transporte público, logística y servicios de emergencia. Los dispositivos instalados en los vehículos recopilan datos que son enviados a plataformas de monitoreo, permitiendo visualizar recorridos, detectar

desviaciones y generar alertas ante incidentes. En contextos educativos, como las escuelas de formación de conductores, el GPS permite evaluar el cumplimiento de las rutas planificadas y garantizar la seguridad durante las prácticas en campo (Zhou, Zhang & Dong, 2020).

Además, el uso del GPS en sistemas inteligentes de transporte (ITS) ha permitido integrar esta tecnología con otras herramientas como sensores, cámaras y algoritmos de análisis de datos. Estas integraciones hacen posible detectar patrones de tráfico, optimizar semáforos, gestionar zonas de congestión y automatizar respuestas ante emergencias. En el caso de la educación vial, su implementación contribuye a establecer un entorno de aprendizaje más controlado, donde el instructor puede acceder a reportes objetivos sobre el rendimiento del estudiante y tomar decisiones basadas en datos precisos (Lin, Wang & Ma, 2021). Así, el GPS no solo cumple una función técnica, sino también pedagógica y preventiva.

1.4 Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) es un paradigma tecnológico que permite la conexión de objetos físicos a través de redes digitales para capturar, procesar e intercambiar datos con otros dispositivos o plataformas. Esta tecnología busca ampliar el alcance de la internet más allá de los dispositivos tradicionales como computadoras o smartphones, integrando sensores, sistemas embebidos y comunicación en red en entornos del mundo real (Al-Fuqaha et al., 2015).

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT, 2012), el IoT es una infraestructura global que posibilita servicios avanzados al interconectar cosas físicas y virtuales basadas en tecnologías interoperables. Este modelo permite desarrollar soluciones inteligentes en sectores como salud, agricultura, manufactura, transporte y ciudades inteligentes, con un alto grado de automatización y análisis en tiempo real.

La arquitectura del Internet de las Cosas (IoT) se estructura comúnmente en cuatro capas funcionales que permiten la interacción eficiente entre dispositivos físicos y sistemas digitales (GeeksforGeeks, 2025). Estas capas son:

- Capa de percepción: Encargada de la recopilación de datos del entorno físico mediante sensores y actuadores. En el contexto del monitoreo vehicular, incluye

dispositivos como sensores GPS, acelerómetros, giroscopios y cámaras, que capturan información en tiempo real sobre la ubicación, velocidad y comportamiento del vehículo.

- Capa de red: Transfiere los datos desde los sensores hacia plataformas de almacenamiento o procesamiento, utilizando tecnologías como Wi-Fi, LTE, LoRaWAN o 5G.
- Capa de procesamiento: Responsable de gestionar, analizar y almacenar los datos. Usualmente esta función se ejecuta en servidores locales o plataformas en la nube, permitiendo análisis complejos, decisiones automatizadas y almacenamiento seguro.
- Capa de aplicación: Proporciona la interfaz entre el sistema y el usuario final. Aquí se desarrollan dashboards, alertas, reportes y visualizaciones útiles para la supervisión y toma de decisiones basada en los datos.

Esta estructura modular permite que los sistemas IoT puedan adaptarse a distintas necesidades, ofreciendo escalabilidad, eficiencia energética y reducción de costos operativos. En el caso específico del transporte y la seguridad vial, el IoT proporciona la capacidad de rastrear vehículos en tiempo real, detectar comportamientos anómalos y generar respuestas automatizadas, lo cual resulta crucial en entornos de formación práctica como el de los estudiantes de conducción.

1.4.1 Dispositivos y sensores utilizados en sistemas de monitoreo vehicular

Los sistemas de monitoreo vehicular que utilizan Internet de las Cosas (IoT) requieren la integración de sensores y dispositivos electrónicos capaces de capturar información relevante en tiempo real. Estos dispositivos permiten el seguimiento, análisis y control del comportamiento de los vehículos, elementos esenciales en entornos de formación de conductores, seguridad vial y gestión de flotas.

Uno de los elementos clave en la arquitectura de estos sistemas es el microcontrolador ESP32, un dispositivo de bajo costo, alto rendimiento y gran eficiencia energética desarrollado por Espressif Systems. El ESP32 combina un procesador dual-core con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, lo que lo convierte en una opción ideal para proyectos IoT que requieren comunicación inalámbrica, procesamiento local de datos y compatibilidad con múltiples sensores (Zhang et al., 2018).

El ESP32 permite conectar diversos sensores —como GPS, acelerómetros, módulos OBD-II, cámaras o sensores ultrasónicos— y enviar la información a plataformas en la nube mediante protocolos como MQTT o HTTP. Su bajo consumo energético, su facilidad de programación mediante entornos como Arduino IDE o MicroPython, y su compatibilidad con baterías recargables, lo hacen perfecto para implementaciones móviles como el monitoreo vehicular (Santos et al., 2020).

Además, el ESP32 ofrece soporte para cifrado y comunicación segura, lo cual es esencial cuando se manejan datos sensibles, como la ubicación y el comportamiento de los vehículos en tiempo real. Su integración en sistemas de formación de conductores contribuye significativamente a mejorar la supervisión, reducir riesgos operativos y facilitar el análisis posterior de los datos obtenidos.

1.4.2 Integración con sistemas institucionales

La eficiencia y seguridad en la transmisión de datos dentro de un sistema IoT dependen en gran medida del uso de protocolos de comunicación adecuados. Estos protocolos definen la forma en que los dispositivos conectados se comunican entre sí y con las plataformas de procesamiento en la nube. En el contexto del monitoreo vehicular, los protocolos deben garantizar conectividad constante, bajo consumo de energía y tiempos mínimos de latencia.

Entre los protocolos más utilizados en IoT destacan los siguientes:

- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):** Es uno de los protocolos más populares en IoT. Está diseñado para redes con ancho de banda limitado, ofreciendo una estructura liviana y eficiente. Es ideal para dispositivos como el ESP32, ya que permite una comunicación eficaz entre sensores y servidores centrales. MQTT opera bajo un modelo "publicador-suscriptor", lo que lo hace muy útil para escenarios en tiempo real como el rastreo vehicular (Light, 2017).
- **HTTP (Hypertext Transfer Protocol):** Aunque es más pesado que MQTT, HTTP sigue siendo utilizado ampliamente por su simplicidad y compatibilidad con sistemas web. Se emplea en aplicaciones donde los datos no se transmiten continuamente, sino en intervalos definidos o por solicitud específica (Bandyopadhyay & Sen, 2011).

- CoAP (Constrained Application Protocol): Es un protocolo ligero diseñado para dispositivos con recursos limitados. Utiliza UDP en lugar de TCP, lo que permite una latencia más baja. Aunque no tan común como MQTT en el monitoreo vehicular, es útil en redes de sensores distribuidos donde se prioriza el consumo energético (Shelby et al., 2014).

Además de los protocolos, existen estándares de comunicación inalámbrica fundamentales en la arquitectura IoT, como:

- Wi-Fi y Bluetooth, ideales para distancias cortas y entornos controlados.
- 4G/5G, tecnologías móviles esenciales para la transmisión de datos desde vehículos en movimiento a plataformas en la nube, especialmente en contextos donde se requiere seguimiento en tiempo real y gran cobertura geográfica (Ahmed et al., 2016).
- LoRaWAN y NB-IoT, alternativas de bajo consumo y largo alcance utilizadas en entornos rurales o donde se prioriza la duración de la batería sobre la velocidad de transmisión.

El uso adecuado de estos protocolos y estándares permite establecer sistemas IoT robustos, escalables y seguros. En proyectos de monitoreo vehicular, su correcta implementación garantiza la integridad, disponibilidad y eficiencia en la gestión de la información, factores clave para aplicaciones educativas y de seguridad vial.

1.5 Sistemas de transporte inteligentes (ITS)

Los Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS, por sus siglas en inglés) son un conjunto de soluciones tecnológicas diseñadas para mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del sistema de transporte. Estos sistemas integran tecnologías de información y comunicación (TIC), sensores, automatización, inteligencia artificial y dispositivos conectados para optimizar la planificación, operación y control de los sistemas de transporte terrestre, aéreo y marítimo (Lin et al., 2021).

Según la Comisión Europea (2020), los ITS permiten una gestión más eficaz del tráfico, reducen la congestión, mejoran la seguridad vial y minimizan el impacto ambiental del transporte. Además, proporcionan a los usuarios información en tiempo

real sobre el estado de las vías, tiempos de viaje, rutas alternativas y condiciones climáticas, lo que permite una toma de decisiones más informada y eficiente.

Entre los principales objetivos de los ITS se destacan:

- Mejorar la seguridad vial: mediante sistemas de detección de accidentes, alertas tempranas, control de velocidad y asistencia a la conducción.
- Optimizar la movilidad urbana y rural: a través de la gestión inteligente del tráfico, semáforos adaptativos, y monitoreo de flotas.
- Reducir las emisiones contaminantes: mediante una mejor planificación de rutas, gestión de cargas y reducción de tiempos de viaje.
- Facilitar la interoperabilidad del transporte público: integrando distintos modos de transporte (buses, taxis, trenes, bicicletas) a través de plataformas unificadas.
- Incrementar la eficiencia logística: mediante el seguimiento de vehículos en tiempo real, la gestión de inventarios en tránsito y la automatización de procesos de despacho (Chen et al., 2019).

Los ITS son una pieza clave en la transición hacia ciudades inteligentes, ya que permiten implementar una movilidad más segura, conectada y sostenible. En el contexto de la formación de conductores, la incorporación de estas tecnologías permite no solo mejorar el control de las prácticas de conducción, sino también preparar a los estudiantes para un entorno de movilidad cada vez más automatizado y digitalizado.

1.6 Componentes y tecnologías clave en los ITS

Entre los componentes fundamentales de los ITS se destacan:

Sensores y dispositivos IoT: Incluyen sensores inductivos en la carretera, cámaras de video vigilancia, radares, GPS, acelerómetros, y dispositivos embarcados como OBD-II. Su función principal es capturar información sobre flujo vehicular, velocidad, accidentes, comportamiento del conductor, condiciones ambientales y ubicación (Chen et al., 2019).

Unidades de comunicación vehicular (V2X): Comprenden tecnologías como Vehicle-to-Vehicle (V2V) y Vehicle-to-Infrastructure (V2I), que permiten a los vehículos

comunicarse entre sí y con semáforos, peajes o centros de control. Esto posibilita la coordinación del tráfico, la detección anticipada de riesgos y la conducción cooperativa (Uzcátegui & Acosta-Marum, 2009).

Centros de gestión del tráfico: Son plataformas donde se integran los datos recolectados desde la vía pública para ser analizados y utilizados en tiempo real. Estos centros gestionan señales de tránsito, monitorean condiciones de emergencia y ajustan parámetros de tráfico automáticamente para optimizar la movilidad (Zhang et al., 2011).

Redes de comunicación: Los ITS operan mediante redes cableadas e inalámbricas, entre ellas Wi-Fi, fibra óptica, 4G/5G, DSRC (Dedicated Short Range Communications) y más recientemente tecnologías como LoRaWAN y NB-IoT, que ofrecen conectividad eficiente para largas distancias y bajo consumo energético.

Sistemas de información geográfica (SIG): Se utilizan para visualizar y analizar datos espaciales del tráfico, mapear incidencias, planificar rutas y desarrollar modelos predictivos para la gestión vehicular. Estos sistemas se integran con plataformas web o móviles que permiten acceder a mapas en tiempo real por parte de usuarios y operadores.

Aplicaciones de usuario final: Incluyen plataformas móviles, paneles electrónicos de carretera y sistemas de navegación que entregan al conductor información relevante como congestión, rutas alternativas, tiempo estimado de llegada y alertas en tiempo real (Ahmed et al., 2016).

Considerando las características del proyecto que involucraba tanto el diseño de dispositivos electrónicos como el desarrollo de software para el monitoreo en tiempo real se optó por aplicar un enfoque ágil que permitiera flexibilidad, iteraciones rápidas y una constante retroalimentación de los usuarios finales. De esta manera, se buscó asegurar que el sistema respondiera de manera eficiente a los requerimientos de supervisión, control y seguridad establecidos por la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Durante el desarrollo del proyecto se adoptó un enfoque ágil basado en las metodologías de Prototipado y Scrum. El uso de prototipado permitió construir versiones iniciales del sistema de monitoreo con GPS, las cuales fueron evaluadas y mejoradas progresivamente a partir de pruebas prácticas y observaciones de los usuarios. Por otro

lado, la metodología Scrum estructuró el proceso de trabajo en entregas parciales y revisiones continuas, favoreciendo la adaptación del prototipo a los requerimientos funcionales reales. Esta estrategia metodológica facilitó una implementación flexible, eficiente y orientada a la obtención de un sistema de seguimiento vehicular en tiempo real, alineado a las necesidades de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

CAPÍTULO II:

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se abordan las pautas metodológicas que se han seguido en el desarrollo de la investigación, junto a los procedimientos y técnicas utilizadas para alcanzar los objetivos planteados. Se expone la forma en que se estructuró el proceso investigativo, desde la selección del tipo de estudio hasta la definición de los métodos empleados para la recolección y análisis de los datos. Además, se describen los enfoques adoptados para el diseño, implementación y validación del prototipo desarrollado, asegurando la coherencia entre los objetivos propuestos y las estrategias aplicadas. La metodología establecida permitió orientar de manera adecuada cada una de las fases del proyecto, favoreciendo la obtención de resultados pertinentes y el cumplimiento efectivo de las metas de investigación.

2.1 Generalidades de la investigación

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado, ya que se orientó a la solución de un problema concreto mediante el desarrollo de un prototipo tecnológico funcional. Su propósito principal fue diseñar y construir un sistema de seguridad y monitoreo en rutas de prácticas de conducción, utilizando tecnologías de posicionamiento global (GPS) e Internet de las Cosas (IoT), que respondiera de manera efectiva a las necesidades específicas de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Al tratarse de una investigación aplicada, el trabajo se enfocó en trasladar conocimientos teóricos y tecnológicos hacia una implementación práctica que permita optimizar procesos y mejorar la seguridad durante la formación de conductores profesionales.

Enfoque de la Investigación

El enfoque adoptado para el desarrollo de la investigación fue mixto, integrando elementos cuantitativos y cualitativos de forma complementaria. Desde el enfoque cuantitativo, se recopilaron y analizaron datos numéricos generados por el sistema de monitoreo, como coordenadas de ubicación, tiempos de recorrido y alertas de desvío. Paralelamente, desde el enfoque cualitativo, se consideraron las percepciones y opiniones de los usuarios (instructores y estudiantes) respecto al uso, efectividad y áreas de mejora

del prototipo implementado. Esta combinación de enfoques permite obtener una visión más completa del fenómeno investigado, fortaleciendo tanto la validación técnica del sistema como su aceptación y aplicabilidad práctica en el contexto educativo.

2.2 Técnicas de recolección de datos e información

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos, y con las cuales se identificaron tanto las condiciones actuales del control de las prácticas de conducción como las necesidades de mejora en el proceso, fueron la observación directa y la entrevista semi estructurada. Estas permitieron obtener información relevante y complementaria sobre la realidad institucional, facilitando un diagnóstico claro de la situación actual en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Los datos recopilados sirvieron de base para orientar el desarrollo de la investigación y plantear alternativas adecuadas en función de los requerimientos detectados.

2.2.1 Instrumentos de recolección de Datos e información

2.2.1.1 Observación Directa

La observación directa fue utilizada para comprender los procedimientos actuales que se aplican durante las prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación, así como la forma en que se lleva a cabo el control de dichas actividades. Esto permitió identificar limitaciones en la supervisión, así como diversas oportunidades de mejora dentro del proceso formativo.

La tabla 1 muestra la ficha de observación correspondiente a las rutas prescritas para las prácticas de conducción en la zona urbana.

Tabla 1

Ficha de observación de rutas prescritas zona urbana

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Fecha:	05 de mayo de 2025	Nº1
Lugar:	Oficina de pedagogía de la escuela de conducción	
Descripción	Rutas en la ciudad de El Ángel (zona urbana)	



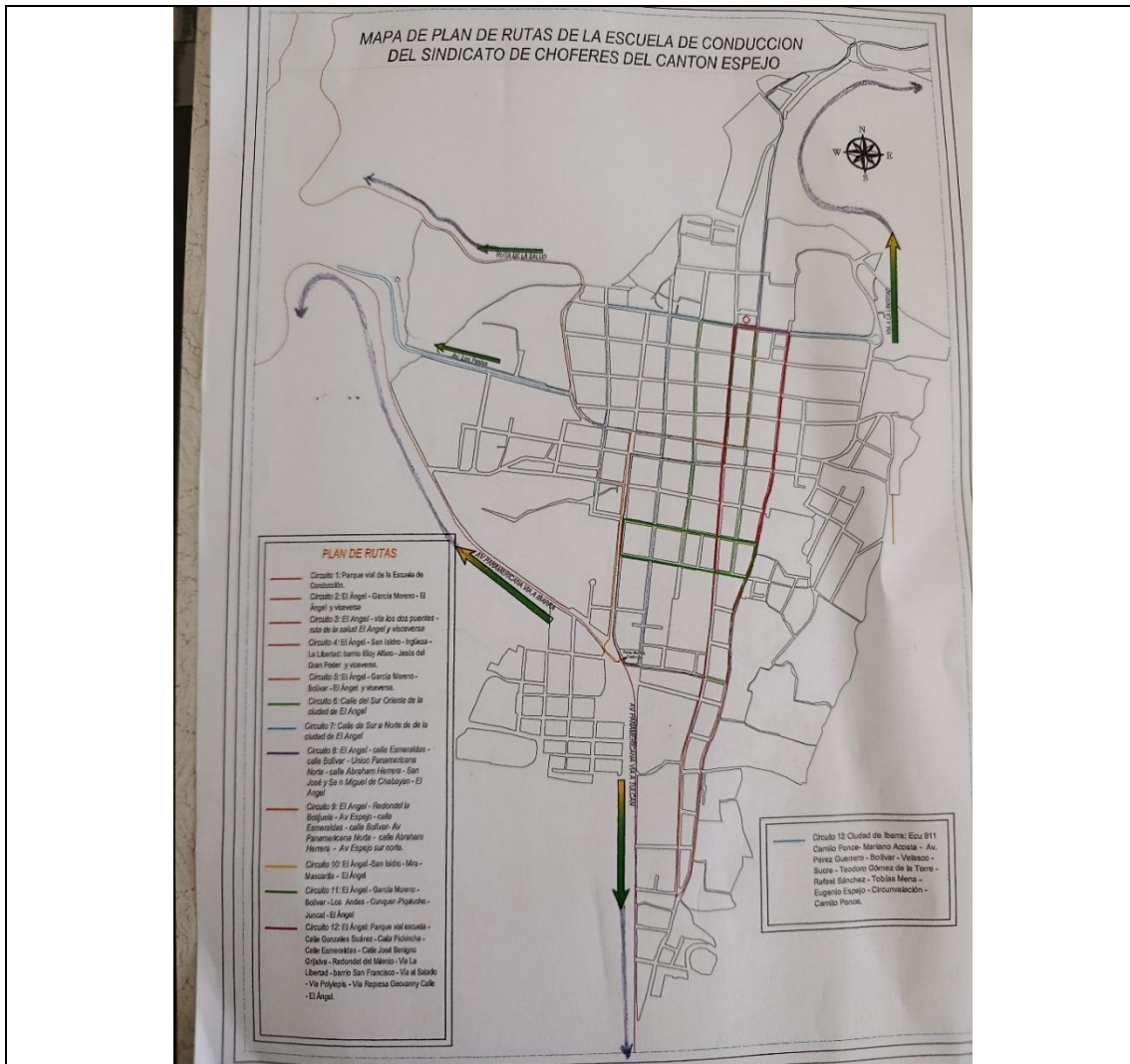
Nota. Fotografía del plano de la ciudad de El Ángel, ubicado en la oficina de pedagogía de la escuela de conducción, donde se observan las rutas establecidas para la enseñanza práctica de manejo. Se identifican tres recorridos diferenciados por colores (rojo, azul y verde), los cuales corresponden a las rutas 1, 2 y 3, respectivamente, utilizadas durante el proceso de formación de los aspirantes a conductores.

La tabla 2 muestra la ficha de observación correspondiente a las rutas prescritas para las prácticas de conducción en la zona rural.

Tabla 2

Ficha de observación de rutas prescritas zona rural

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Fecha:	05 de mayo de 2025	Nº2
Lugar:	Oficina de pedagogía de la escuela de conducción	
Descripción	Rutas en la ciudad de El Ángel (zona rural)	

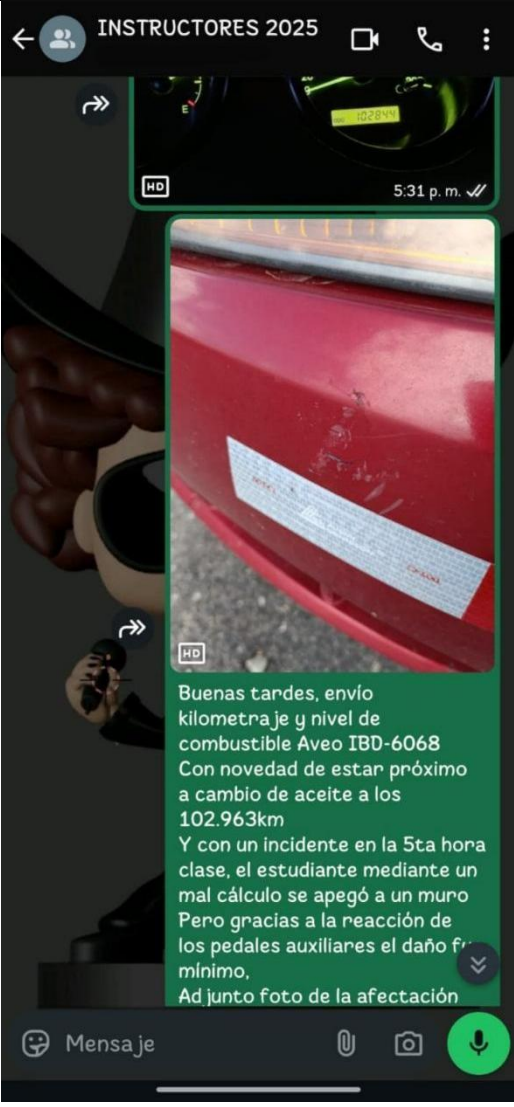


Nota. Fotografía del mapa de rutas en la zona rural de El Ángel, ubicado en la oficina de pedagogía de la escuela de conducción. Se observan los diferentes recorridos utilizados durante las prácticas de manejo fuera del área urbana, establecidos por el Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Las rutas están diferenciadas por colores y numeración, lo que permite identificar claramente los circuitos que siguen los aspirantes a conductores en su formación práctica en entornos rurales. Este recurso visual apoya la planificación y ejecución pedagógica de las clases en carretera.

La tabla 3 muestra la ficha de observación correspondiente a como los instructores notifican si existe algún accidente leve o inconveniente.

Tabla 3

Ficha de observación de reportes de incidentes vía WhatsApp

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Fecha:	11 de mayo de 2025	Nº3
Lugar:	Grupo de WhatsApp “INSTRUCTORES 2025” – Escuela de conducción	
Descripción:	Reporte de incidente y estado vehicular por medio de mensajería instantánea (WhatsApp)	
		
	<p>Nota. Captura de pantalla de un mensaje enviado en el grupo de WhatsApp “INSTRUCTORES 2025”, donde se informa sobre un incidente menor ocurrido con el vehículo Aveo IBD-6068 durante una clase práctica. El mensaje reporta el kilometraje actual, el estado del nivel de combustible y la cercanía al próximo cambio de aceite.</p>	

Además, se detalla el choque leve contra un muro ocasionado por un mal cálculo del estudiante, y se destaca que el daño fue mínimo gracias a la intervención oportuna con los pedales auxiliares. La imagen refleja el procedimiento habitual de comunicación entre instructores mediante mensajería instantánea para reportar novedades.

2.2.1.2 Entrevista semi estructurada

La entrevista semi estructurada fue aplicada al secretario general y a los instructores responsables de las prácticas de conducción, quienes están directamente relacionados con la planificación, control y ejecución de dichas actividades. (El guion de la entrevista se muestra en el Anexo 1)

Con la aplicación de este instrumento se logró recolectar información clave sobre las dificultades que enfrentan actualmente en el proceso de supervisión, así como sus percepciones acerca de las limitaciones del sistema tradicional y los requisitos necesarios para el diseño de una solución que responda a las necesidades reales de la institución.

2.3 Metodología de desarrollo

En el presente proyecto se emplearon dos metodologías ágiles ampliamente reconocidas: Prototipado y Scrum. Estas metodologías fueron seleccionadas por su capacidad para responder a los retos específicos del desarrollo de un sistema de seguridad y monitoreo de rutas vehiculares en tiempo real, y por sus beneficios en términos de flexibilidad, adaptabilidad y enfoque centrado en el usuario.

La investigación se dividió en dos fases. La primera fase consistió en la construcción del prototipo del sistema de monitoreo, utilizando la metodología de Prototipado. Esta metodología permitió un desarrollo progresivo mediante la creación de versiones funcionales iniciales del dispositivo GPS, las cuales fueron evaluadas y mejoradas a partir de la retroalimentación de los instructores y responsables del proceso formativo. El enfoque iterativo del prototipado facilitó la identificación temprana de fallas, necesidades técnicas y ajustes tanto en el hardware como en el software del sistema, lo que resultó clave para la adaptación del diseño a las condiciones reales del entorno de prácticas.

(Figura 1)

Figura 1

Ciclo de vida prototipado



Nota. La imagen representa el Ciclo de Vida Prototipado, un modelo iterativo utilizado en el desarrollo de software. El ciclo sugiere una repetición de pasos hasta alcanzar un producto satisfactorio para el cliente. Obtenida de <https://ingenieriadesoftwaretda.weebly.com/ciclo-de-vida-de-prototipo.html>

La segunda fase se centró en la implementación del sistema de monitoreo, aplicando la metodología ágil Scrum (Figura 2). Esta estrategia organiza el trabajo en ciclos cortos e iterativos llamados sprints, lo que permite entregar versiones incrementales del sistema, evaluar su funcionalidad y realizar mejoras continuas. En cada sprint se definen objetivos específicos, se establecen tareas prioritarias y se supervisan los avances para asegurar el cumplimiento de los requerimientos establecidos. El enfoque iterativo de Scrum facilita la identificación temprana de errores, el ajuste de funcionalidades y la incorporación ágil de nuevas necesidades, garantizando un producto funcional y alineado con los objetivos del proyecto.

Figura 2

Ciclo de entrega ágil (Scrum)



Nota. La imagen del Ciclo de Entrega Ágil en Scrum ilustra un proceso iterativo e incremental que busca entregar resultados de manera rápida y continua. El ciclo se estructura en varias fases, Obtenida de <https://www.northware.mx/wp-content/uploads/2021/04/ciclo-de-entrega-agit-desarrollo-cascada-vs-desarrollo-agit.png>

La combinación de Prototipado y Scrum permitieron mantener una visión clara de los requerimientos reales del proyecto, adaptarse con rapidez a nuevas necesidades, y garantizar un producto final robusto, funcional y alineado con los objetivos pedagógicos de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. A continuación, se presentan el propósito, alcance y limitaciones correspondientes a cada fase del desarrollo, con el fin de delimitar claramente el enfoque y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

Propósito

Es facilitar el análisis, diseño y evaluación inicial de un sistema de monitoreo GPS personalizado para los vehículos de práctica utilizados por la escuela de capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. A través de este prototipo, se busca validar la viabilidad técnica del sistema, obtener retroalimentación directa de los usuarios e identificar mejoras antes de la implementación final. Este enfoque permite responder al objetivo de realizar un análisis detallado de las necesidades de seguimiento y monitoreo, y sentar las bases para el desarrollo de un dispositivo GPS que cumpla con los requerimientos específicos del entorno educativo y operativo de la institución.

Alcance

El prototipo se centra en modelar y validar los componentes clave del sistema de monitoreo, incluyendo el dispositivo GPS, el envío de datos en tiempo real y la visualización básica de las rutas en una interfaz gráfica. Si bien no se trata de una solución definitiva, el prototipo simula el funcionamiento general del sistema, permitiendo la recopilación de datos reales en escenarios controlados. Además, abarca la conexión inicial con una plataforma web para mostrar la ubicación y trayectoria de los vehículos, ofreciendo una base funcional sobre la cual se pueden aplicar mejoras progresivas a medida que se identifican nuevas necesidades o ajustes.

Limitaciones

El prototipo desarrollado presenta limitaciones propias de su naturaleza experimental. En esta etapa, el dispositivo GPS utilizado tiene una cobertura limitada y se encuentra sujeto a interferencias ambientales que pueden afectar la precisión del posicionamiento. La visualización en la plataforma es básica.

2.4 Fase 1: Desarrollo del Prototipo

2.4.1 Metodología prototipada

El desarrollo del prototipo del sistema de monitoreo se realizó siguiendo la metodología de prototipos o prototipado, la cual estructura el proceso en distintas etapas para permitir una construcción progresiva, con iteraciones basadas en retroalimentación continua de los usuarios finales. A continuación, se describen las etapas y procesos llevados a cabo durante esta fase inicial.

2.4.2 Recolección y refinamiento de requisitos

Para esta etapa, se llevaron a cabo reuniones y entrevistas semiestructuradas con el secretario general y los instructores de conducción de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. El objetivo fue identificar las necesidades reales de monitoreo y seguridad en los vehículos de práctica, así como establecer los requisitos funcionales y no funcionales del dispositivo GPS.

2.4.2.1 Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales (Tabla 4) describen las principales funciones que el prototipo de monitoreo GPS debe realizar para cumplir con los objetivos del proyecto. Estos incluyen la captura y transmisión en tiempo real de la ubicación de los vehículos de práctica, el almacenamiento de los recorridos en una plataforma digital y la emisión de alertas ante eventos específicos, como desvíos de ruta. Estas funciones son fundamentales para garantizar un seguimiento eficiente y seguro durante el proceso de formación de conductores.

Tabla 4

Requisitos funcionales (prototipado)

REQUISITOS FUNCIONALES	
Código	Descripción
RF – 01	El prototipo deberá contar con un mecanismo de activación automática al iniciar la práctica de conducción.
RF – 02	El prototipo deberá capturar y registrar la ubicación del vehículo en tiempo real mediante tecnología GPS.
RF – 03	El prototipo deberá transmitir los datos de ubicación hacia un módulo de recepción para su posterior visualización.
RF - 04	El prototipo deberá almacenar temporalmente los datos de ubicación mientras esté activo.
RF - 05	El prototipo deberá emitir alertas básicas en caso de desvíos no autorizados de la ruta establecida.
RF - 06	El prototipo deberá continuar registrando y almacenando los datos de ubicación localmente en caso de pérdida de señal, y sincronizarlos automáticamente una vez se restablezca la conexión.

2.4.2.2 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales (Tabla 5) establecen los atributos de calidad que el prototipo de monitoreo GPS debe cumplir para asegurar su correcto funcionamiento en condiciones reales de uso. Estos requisitos abarcan aspectos como la usabilidad del dispositivo para los instructores, su compatibilidad con los vehículos de práctica, la eficiencia en la captura y almacenamiento de datos, así como la resistencia del equipo a factores ambientales. Además, se considera fundamental la autonomía energética del dispositivo, su capacidad de operar ante pérdidas de señal y la protección de los datos registrados.

Tabla 5

Requisitos no funcionales (prototipado)

REQUISITOS NO FUNCIONALES
USABILIDAD
El prototipo debe contar con una interfaz comprensible para los instructores, que permita visualizar de forma clara y rápida la ubicación de cada unidad.
COMPATIBILIDAD
El dispositivo debe adaptarse a diferentes modelos de vehículos de práctica sin requerir modificaciones estructurales.
EFICIENCIA
El prototipo debe registrar los datos de ubicación con una frecuencia mínima de una vez cada 5 segundos, y almacenar dicha información en la base de datos con un tiempo de latencia no mayor a 3 segundos desde su recepción.
ROBUSTEZ
El prototipo debe ser resistente a condiciones de vibración, humedad y temperatura del entorno vehicular.
AUTONOMÍA
El dispositivo debe contar con una batería recargable capaz de operar durante toda la jornada de práctica sin necesidad de recarga intermedia.
CONFIABILIDAD ANTE FALLOS
En caso de pérdida de señal, el prototipo debe continuar almacenando los datos localmente hasta poder transmitirlos nuevamente.
SEGURIDAD

geográficas a través del módulo SIM7000G, el cual es capaz de recibir señales provenientes del satélite GPS. Estas señales contienen información sobre la ubicación exacta del dispositivo (latitud y longitud), la cual es procesada por el propio módulo. El SIM7000G se encuentra conectado físicamente al módulo ESP32, que actúa como intermediario entre el hardware de adquisición de datos y el entorno de red. Una vez que el ESP32 recibe las coordenadas desde el módulo SIM7000G, se encarga de transmitir dicha información mediante una conexión de red móvil, utilizando tecnologías como LTE, hacia una plataforma web previamente configurada para la recepción y gestión de datos geospaciales. Este proceso se realiza en tiempo real, permitiendo mantener actualizada la posición del vehículo.

El envío de datos del prototipo GPS se realiza mediante un protocolo que inicia con la captura de coordenadas, fecha y hora a través del módulo SIM7000G, las cuales son procesadas por el microcontrolador ESP32 y empaquetadas en formato JSON. La transmisión se efectúa a través de conexión 4GLTE o WiFi utilizando el protocolo seguro HTTPS hacia la API de la plataforma, donde la información es validada y almacenada en la base de datos PostgreSQL en Supabase. En caso de pérdida de conectividad, los datos se guardan temporalmente en memoria local para su sincronización automática una vez restablecida la conexión, garantizando la integridad y disponibilidad de la información en tiempo real.

Figura 4

Flujograma del trabajo prototipo y plataforma

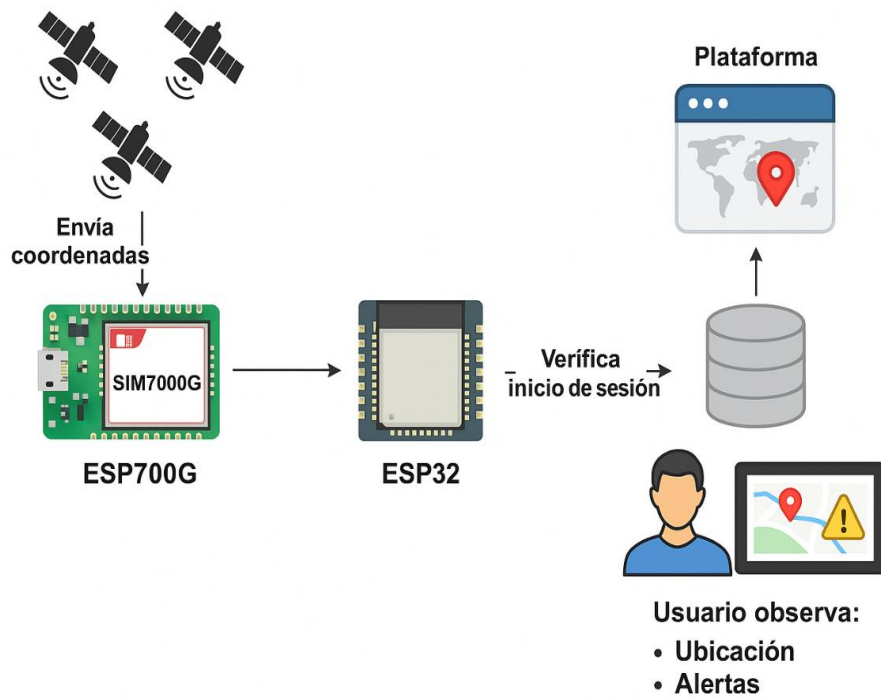
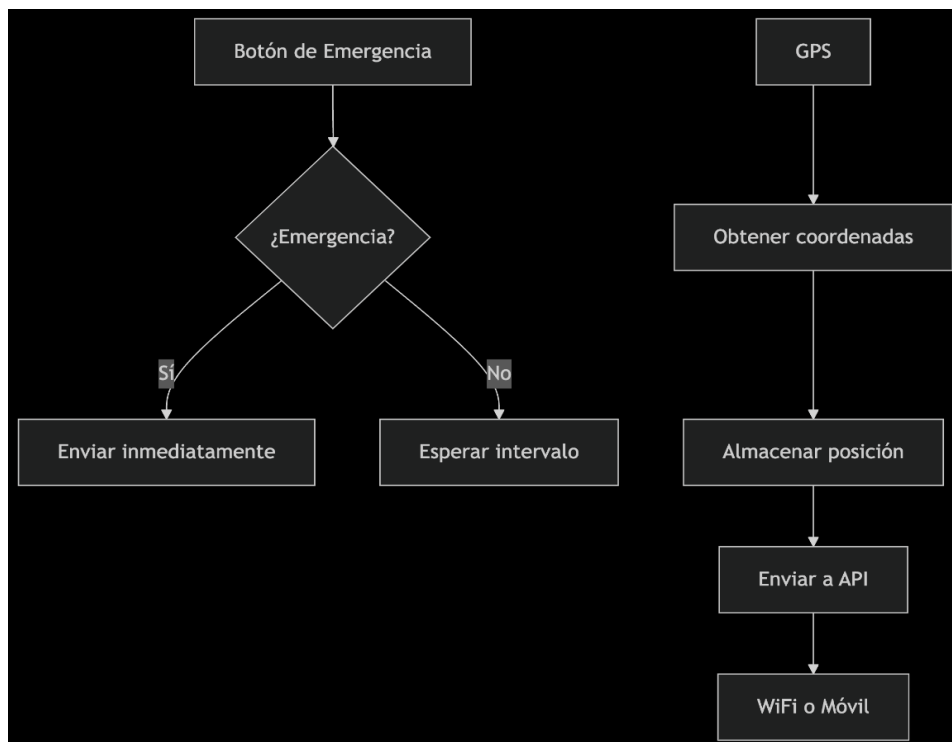


Figura 5

Flujograma del botón de emergencia/ prototipo



2.5.2 Implementación

2.5.2.1 Entorno Tecnológico

En el desarrollo del prototipo de rastreo GPS se emplearon tecnologías específicas orientadas a Internet de las Cosas (IoT), que permitieron crear un dispositivo autónomo y funcional, capaz de transmitir datos en tiempo real a una plataforma web. El código fue implementado en lenguaje C++, utilizando el framework de desarrollo Arduino, compatible con el módulo ESP32 integrado con SIM7000G.

Este dispositivo cuenta con capacidades de geolocalización, conexión inalámbrica y comunicación móvil. Su programación permite obtener coordenadas GPS de forma periódica, detectar la activación de un botón de emergencia y transmitir estos datos a una API alojada en Supabase. La lógica del sistema prioriza el uso de WiFi cuando está disponible, recurriendo a redes 4G/LTE mediante el módem integrado cuando es necesario, lo que garantiza una conexión confiable en diversos entornos.

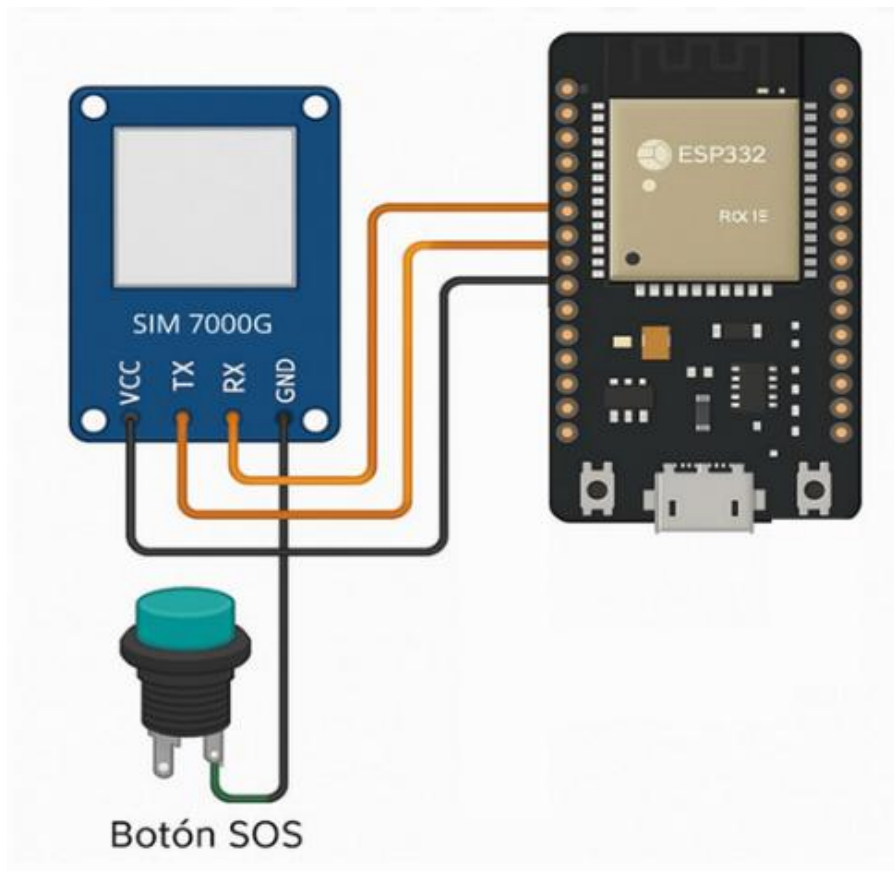
Para lograr estas funcionalidades, se utilizaron varias librerías clave como TinyGsmClient.h que permite la comunicación con el módem SIM7000G, facilitando la transmisión de datos por redes móviles, también la Liberia ArduinoHttpClient.h que es utilizada para realizar peticiones HTTP hacia el backend en Supabase y la Liberia WiFi. Que habilita la conexión del dispositivo a redes WiFi disponibles, gestionando reconexiones automáticas en caso de pérdida de señal.

El sistema implementa, además, un mecanismo de detección de emergencia con anti-rebote, envío de datos en formato JSON (latitud, longitud, y estado del botón), y una gestión robusta de las conexiones, que incluye reconexión automática en caso de fallos temporales. Estas características convierten al prototipo en una solución efectiva para entornos de rastreo vehicular y supervisión remota, especialmente diseñada para integrarse con la plataforma web que gestiona las prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

La Figura 6 muestra el esquema de conexiones y componentes utilizados en el prototipo GPS, proporcionando una representación clara de su arquitectura funcional.

Figura 6

Diagrama Conexión del prototipo



2.5.2.2 Evaluación del prototipo

La evaluación del prototipo GPS se llevó a cabo mediante pruebas manuales en condiciones reales de uso, con el objetivo de verificar su comportamiento en escenarios representativos de las prácticas de conducción. El dispositivo fue sometido a pruebas de encendido, captura de coordenadas, transmisión de datos en tiempo real y respuesta ante la activación del botón de emergencia. Asimismo, se validó que el envío de datos hacia la API en Supabase se realizará correctamente tanto por red WiFi como por datos móviles (4G/LTE), asegurando redundancia en la conectividad.

El dispositivo cuenta con una batería interna recargable que le permite seguir operando incluso si el vehículo es apagado o si se desconecta la batería principal, garantizando la transmisión continua de coordenadas en caso de incidentes. Sin embargo, en situaciones extremas como un secuestro del instructor o estudiante, si el agresor llegara a manipular físicamente el dispositivo y retirarlo, su funcionamiento se vería

interrumpido. Para estos casos, se recomienda establecer protocolos institucionales que definan las acciones inmediatas a seguir, tales como la alerta a las autoridades, el monitoreo activo de las últimas coordenadas registradas y la comunicación directa con los instructores y personal administrativo para facilitar la atención de la emergencia.

Se evaluó el funcionamiento del botón de emergencia, comprobando que el sistema detecta pulsaciones con confiabilidad, incluso ante posibles ruidos eléctricos, gracias al manejo de anti-rebote en el código. Las coordenadas y el estado de emergencia fueron encapsulados en un objeto JSON y transmitidos de manera segura, siendo almacenados adecuadamente para su posterior visualización en la plataforma web. En la Tabla 13, se detallan las pruebas manuales realizadas al prototipo GPS.

Tabla 6

Resumen de pruebas manuales realizadas en el prototipo GPS

Nº	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción de la prueba manual	Resultado esperado
1	Funcional (manual)	Encendido del prototipo	Encender manualmente el dispositivo y verificar la ejecución del código.	Encendido correcto y ejecución continua sin errores.
2	Funcional (manual)	Captura de coordenadas	Observar si el dispositivo obtiene coordenadas GPS durante el encendido.	Coordenadas obtenidas correctamente cada intervalo de tiempo programado.
3	Funcional (manual)	Conexión WiFi	Conectar el prototipo a una red WiFi disponible y verificar el envío de datos.	Datos enviados correctamente a Supabase vía WiFi.
4	Funcional (manual)	Conexión 4G (SIM7000G)	Retirar conexión WiFi y verificar si el	Envío exitoso de datos por red móvil (4G) en ausencia de WiFi.

			prototipo utiliza red celular.	
5	Funcional (manual)	Botón de emergencia	Presionar el botón y revisar en base de datos si se activa la alerta.	Estado de emergencia registrado y transmitido con éxito.
6	Validación en campo	Envío de datos GPS	Instalar el prototipo en un vehículo y conducir una ruta de prueba.	Ubicación transmitida en tiempo real durante el recorrido.
7	Resiliencia (manual)	Manejo de desconexiones	Simular pérdida de señal WiFi y evaluar reconexión automática.	Reconexión estable y envío de datos una vez recuperada la conexión.

2.6 Fase 2: Desarrollo de plataforma web

2.6.1 Metodología Scrum

El desarrollo de la plataforma web se llevó a cabo siguiendo la metodología ágil Scrum, la cual permite una gestión iterativa e incremental del proyecto mediante ciclos de trabajo denominados sprints. Este enfoque favorece la colaboración constante con el cliente y los usuarios finales, asegurando que las funcionalidades desarrolladas se ajusten a sus necesidades reales. A continuación, se detallan las principales actividades desarrolladas en las etapas del marco Scrum:

2.6.2 Planificación del Sprint

En esta etapa se realizaron reuniones con el Sr. Roberth Jiménez Ayala, responsable del sindicato de choferes profesionales del cantón espejo y de la escuela de conducción del mismo, para identificar los objetivos del sprint y priorizar las historias de usuario. Estas historias sirvieron como base para definir la plataforma web, que orientó la construcción de los módulos de la plataforma web. Se establecieron criterios de

aceptación claros para cada historia, lo cual permitió validar su correcta implementación al finalizar cada sprint.

2.6.2.1 Análisis de Requisitos

Se recopilaron tanto requisitos funcionales como no funcionales mediante entrevistas semiestructuradas con la responsable del club. Estos requisitos fueron fundamentales para orientar el diseño técnico y la experiencia del usuario. A continuación, se presenta un resumen de dichos requisitos:

2.6.2.2 Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales (Tabla 6) describen las principales funciones que la plataforma web debe realizar para garantizar una supervisión efectiva de los vehículos de práctica utilizados en la formación de conductores. Estas funciones incluyen la visualización en tiempo real de la ubicación vehicular a través de un mapa interactivo, la gestión de usuarios, la generación de alertas ante desvíos o detenciones inusuales, así como la consulta de rutas históricas y la emisión de reportes. Estas funcionalidades son esenciales para brindar a los instructores y responsables institucionales herramientas tecnológicas que optimicen el control y seguimiento del proceso formativo.

Tabla 7

Requisitos funcionales (plataforma web)

REQUISITOS FUNCIONALES	
Código	Descripción
RF-01	La plataforma deberá permitir el inicio de sesión del administrador mediante credenciales seguras.
RF-02	La plataforma deberá mostrar en tiempo real la ubicación de los vehículos registrados mediante un mapa interactivo.
RF-03	El sistema deberá permitir visualizar el historial de rutas recorridas por cada vehículo.
RF-04	La plataforma deberá generar alertas visuales en caso de desvíos de ruta o detenciones inusuales.

RF-05	El sistema deberá permitir la gestión de usuarios (creación, modificación y eliminación de instructores o responsables).
-------	--

2.6.2.3 Requisitos no Funcionales

Los requisitos no funcionales (Tabla 7) establecen las características de calidad que debe cumplir la plataforma web para asegurar su correcto funcionamiento en un entorno real. Estos requisitos abarcan aspectos como la usabilidad de la interfaz para los instructores, la compatibilidad con distintos navegadores y dispositivos, la eficiencia en la visualización de datos en tiempo real, y la seguridad en el manejo de la información. Asimismo, se considera la escalabilidad del sistema para futuras ampliaciones y la facilidad de mantenimiento técnico. Estos elementos son fundamentales para garantizar una experiencia de uso confiable, segura y sostenible en el tiempo.

Tabla 8

Requisitos no funcionales (plataforma web)

REQUISITOS NO FUNCIONALES

USABILIDAD

La interfaz debe ser intuitiva, de fácil navegación y comprensible para el administrador, con capacitación mínima requerida.
--

COMPATIBILIDAD

El sistema debe ser accesible desde distintos navegadores web y dispositivos (PC, laptops, tablets).
--

SEGURIDAD

El acceso a la plataforma debe estar protegido por autenticación, y los datos deben estar cifrados en tránsito y almacenamiento.
--

EFICIENCIA

La plataforma debe procesar y mostrar los datos de ubicación con una latencia no mayor a 3 segundos.
--

ESCALABILIDAD

El sistema debe estar diseñado para permitir la incorporación futura de nuevos vehículos y usuarios sin pérdida de rendimiento.

MANTENIBILIDAD

El código y la arquitectura del sistema deben facilitar futuras actualizaciones o correcciones.

2.6.6 Historias de usuario

Las historias de usuario son esenciales en el desarrollo de sistemas bajo metodologías ágiles como Scrum, ya que permiten definir de manera clara y concisa las necesidades y expectativas de los usuarios finales. A través de estas historias, se establece una comunicación efectiva entre el equipo de desarrollo y los actores involucrados, garantizando que cada funcionalidad implementada responda directamente a los requerimientos reales del entorno. En el contexto del presente proyecto, las historias de usuario permitieron estructurar el desarrollo de la plataforma web de monitoreo vehicular en torno a tareas específicas, priorizadas y enfocadas en ofrecer valor inmediato a instructores, administradores y responsables del proceso formativo.

Tabla 9

Historia de usuario

ID	Nombre	Estimación (horas)	Importancia	Descripción de historia de usuario	Criterios de aceptación	Dependencia
HU-01	Inicio de sesión	30	200	Como administrador, deseo poder ingresar al sistema con un usuario y contraseña válidos, para acceder a las funciones de gestión y supervisión	<ul style="list-style-type: none">• Debe existir un formulario de inicio de sesión con campos de usuario y contraseña.• El acceso debe estar limitado a credenciales válidas.• Mensajes de error si credenciales incorrectas.	Ninguna

				de la plataforma de monitoreo vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> ● Redirección al panel correspondiente tras autenticación. 	
HU-02	Visualización en tiempo real	90	900	Como administrador, deseo visualizar en un mapa la ubicación en tiempo real de los vehículos utilizados en las prácticas de conducción, para supervisar de forma continua su recorrido y garantizar que sigan las rutas establecidas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Mapa interactivo con marcadores. ● Actualización de posición cada 5 segundos. ● Identificación clara del vehículo. ● Acceso desde cualquier navegador web moderno. 	HU-01
HU-03	Gestión de usuarios	60	700	Como administrador, deseo registrar, editar y eliminar cuentas de	<ul style="list-style-type: none"> ● Crear, editar y eliminar cuentas. ● Control de acceso sin roles específicos. 	HU-01

				acceso para mantener actualizada la base de usuarios y asegurar acceso autorizado a la plataforma.	<ul style="list-style-type: none"> ● Cambios reflejados inmediatamente. 	
HU-04	Registro histórico de recorridos	75	650	Como administrador, deseo consultar el historial de recorridos realizados por los vehículos en fechas anteriores, para analizar el desempeño de las prácticas y verificar rutas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Selección de vehículo y rango de fechas. ● Visualización gráfica de rutas. ● Mostrar fecha, hora inicio, fin y distancia. ● Visualización de múltiples recorridos. 	HU-02, HU-07
HU-05	Generación de reportes	70	600	Como administrador, deseo generar reportes	<ul style="list-style-type: none"> ● Selección por vehículo, fecha o tipo de evento. 	HU-04

				detallados de los recorridos y alertas, para documentar el cumplimiento de las prácticas y facilitar su análisis.	<ul style="list-style-type: none"> ● Reporte con fecha, hora, vehículo, tipo de evento y ubicación. 	
HU-06	Visualización de alertas	85	800	Como administrador, deseo recibir alertas visuales cuando un vehículo se detenga mucho tiempo o salga de la ruta, para actuar rápidamente y garantizar la seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> ● Notificaciones visuales. ● Registro de vehículo, hora, ubicación y motivo. ● Filtrado por vehículo y fecha. 	HU-02
HU-07	Prototipo GPS	120	950	Como sistema, necesito recibir, interpretar y	<ul style="list-style-type: none"> ● Recepción de paquetes GPS en tiempo real. 	HU-01

-
- | | | |
|----------------------------|---|--|
| almacenar los datos | ● | Comunicación estable. |
| enviados por el prototipo | ● | Almacenamiento correcto. |
| GPS instalado en los | ● | Procesamiento y visualización |
| vehículos, para mostrar | | inmediata. |
| ubicación, generar alertas | ● | Correcta integración entre prototipo y |
| y conservar historial. | | sistema. |
-

2.6.7 Definición del product backlog (planificación)

Una vez definidas y detalladas las historias de usuario (HU-01 a HU-07), se procedió con la planificación del desarrollo del sistema utilizando la metodología ágil Scrum, estableciendo un Product Backlog con las tareas derivadas de cada historia, así como su esfuerzo estimado en horas y su prioridad. Esta fase constituyó la base organizativa para la gestión ágil del proyecto y permitió asegurar que las funcionalidades clave del sistema fueran implementadas de forma iterativa, priorizada y eficiente.

2.6.7.1 Sprint 0 – Planificación inicial

Durante el Sprint 0, se realizaron las actividades clave para iniciar formalmente el proyecto. Este sprint no se centró en el desarrollo funcional, sino en sentar las bases para el trabajo posterior. En esta etapa se definió la visión general del sistema, los objetivos técnicos, el enfoque de trabajo y los elementos fundamentales que conformarían la solución tecnológica.

Los principales objetivos cumplidos en el Sprint 0 fueron:

- Identificar las ideas clave del proyecto.
- Refinar y priorizar las historias de usuario.
- Planificar las tareas derivadas de cada historia.
- Establecer el flujo de trabajo para los siguientes sprints.
- Configurar el entorno de desarrollo y pruebas.
- Alinear responsabilidades entre los participantes del desarrollo.

Una vez completado el Sprint 0, se logró consolidar un plan de acción claro, un entorno técnico funcional y una estrategia de trabajo con tareas distribuidas por prioridades y esfuerzo. Esto permitió iniciar el desarrollo en el Sprint 1 con bases sólidas.

Tabla 10

Análisis y refinamiento de las historias de usuario

Prioridad	Historia de Usuario	ID de Tarea	Tarea	Horas estimadas
950	HU-07	T7-1	Configurar recepción de datos GPS	30

		T7-2	Procesamiento y almacenamiento de datos recibidos	35
		T7-3	Validación de conexión y estructura de paquetes	25
		T7-4	Enlace con módulo de visualización	30
900	HU-02	T2-1	Integración de mapa interactivo	40
		T2-2	Diseño de visualización de vehículos en tiempo real	30
		T2-3	Actualización periódica de marcadores	20
800	HU-06	T6-1	Configuración de alertas de desvío y detención	35
		T6-2	Registro automático de eventos	25
		T6-3	Módulo de revisión de alertas generadas	25
700	HU-03	T3-1	Formulario para registro de usuarios	25
		T3-2	Funcionalidad para editar/eliminar usuarios	20
650	HU-04	T4-1	Consulta por vehículo y fecha	30
		T4-2	Visualización de recorridos pasados	20
600	HU-05	T5-1	Generador de reportes	30
		T5-2	Filtro de eventos por tipo y fecha	20

200	HU-01	T1-1	Formulario de inicio de sesión	20
		T1-2	Validación de acceso al sistema	10

Para la planificación del proyecto se estableció una duración estándar de 2 semanas por sprint, con una velocidad de desarrollo estimada de 60 horas por sprint. Esta cifra surge del cálculo de jornadas laborales de 5 días por semana, 6 horas diarias.

Duración del sprint: 2 semanas = 10 días laborales

Velocidad de desarrollo: 60 horas por sprint

Con base en esta capacidad, y considerando las prioridades y esfuerzos estimados, se organizaron las historias de usuario en diferentes sprints (Sprint 1 al Sprint 5), iniciando con las tareas más críticas y de mayor valor para la funcionalidad central del sistema.

Tabla 11

Distribución de Sprints.

Sprint	Objetivo principal	Duración	Tareas asignadas
1	Recepción y procesamiento de datos GPS	2 semanas	T7-1: Recepción de datos GPS T7-2: Procesamiento/almacenamiento T7-3: Validación de paquetes
2	Enlace con visualización y mapa en tiempo real	2 semanas	T7-4: Enlace con módulo de visualización T2-1: Mapa interactivo T2-3: Actualización de marcadores
3	Visualización en tiempo real y alertas	2 semanas	T2-2: Visualización de vehículos T6-1: Configuración de alertas T6-2: Registro de eventos

4	Revisión de alertas y consultas históricas	2 semanas	T6-3: Revisión de alertas generadas T4-1: Consulta por vehículo y fecha T4-2: Visualización de recorridos pasados T5-2: Filtro de eventos
5	Reportes, acceso al sistema y administración	2 semanas	T5-1: Generador de reportes T1-1: Formulario de inicio de sesión T1-2: Validación de acceso T3-1: Registro de usuarios T3-2: Edición/Eliminación de usuarios

Después de completar los Sprints en cada iteración, el desarrollo del sistema se llevó a cabo de forma progresiva y organizada, siguiendo la planificación establecida. A lo largo del proceso, se trabajó de manera constante para integrar las funcionalidades priorizadas en cada fase, incorporando buenas prácticas de programación, validación continua y refinamiento del producto. Cada uno de los componentes fue diseñado y ajustado conforme a los requisitos funcionales y no funcionales definidos previamente, asegurando que el prototipo de seguridad y seguimiento GPS cumpliera con los objetivos específicos de cada sprint, y se alinearán con las necesidades reales de supervisión y control en las prácticas de conducción.

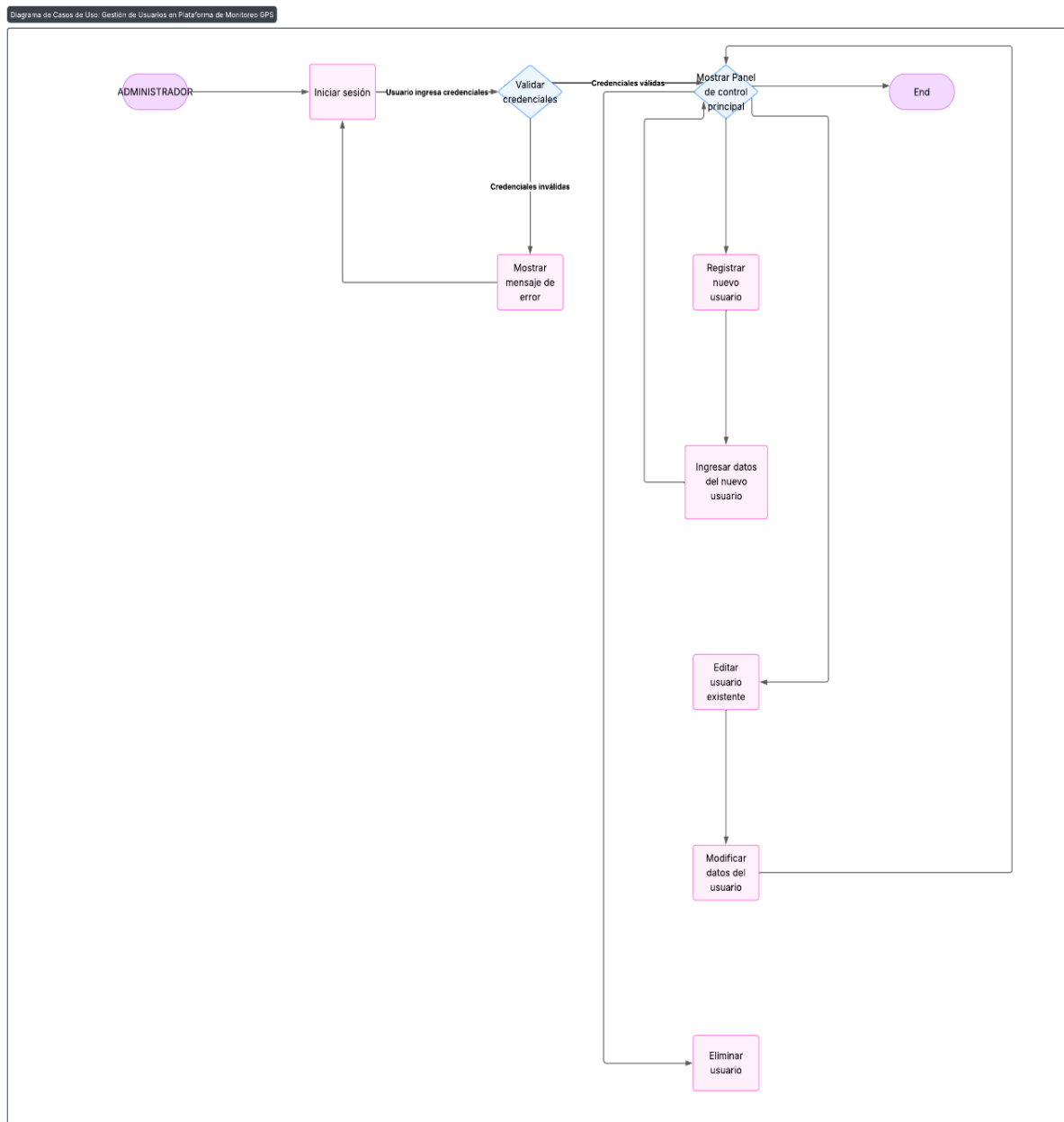
2.7 Diseño Preliminar Plataforma

Durante esta etapa, se llevaron a cabo diversas actividades esenciales para definir la estructura funcional y operativa de la plataforma web de monitoreo GPS. Entre ellas destacan el diseño de casos de uso que permiten representar gráficamente las principales interacciones entre los usuarios y el sistema, así como la elaboración de diagramas que describen el flujo

lógico de las funcionalidades desarrolladas. Además, se construyó el modelo de base de datos, identificando las entidades, relaciones y atributos necesarios para almacenar de forma eficiente la información relacionada con los vehículos, usuarios, rutas, alertas y registros históricos. Este diseño sirvió como base para garantizar un desarrollo estructurado y alineado con los objetivos del proyecto.

Figura 7

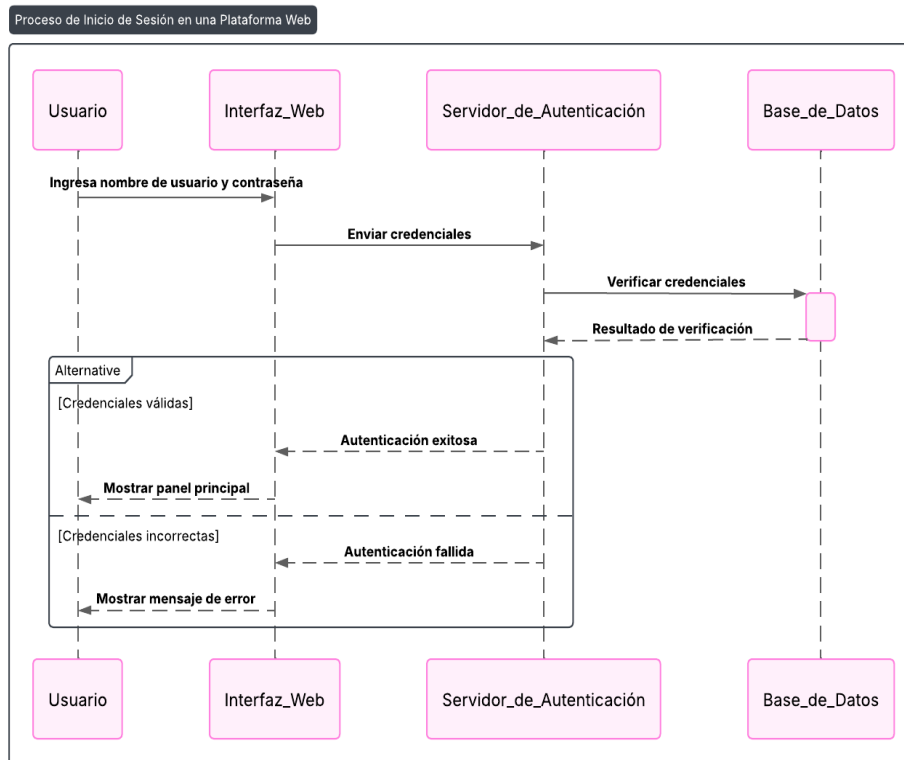
Diagrama de caso de uso gestión de usuarios



La Figura 7 representa las interacciones del usuario con el sistema en el módulo de gestión de usuarios, permitiendo registrar, editar y eliminar cuentas de acceso

Figura 8

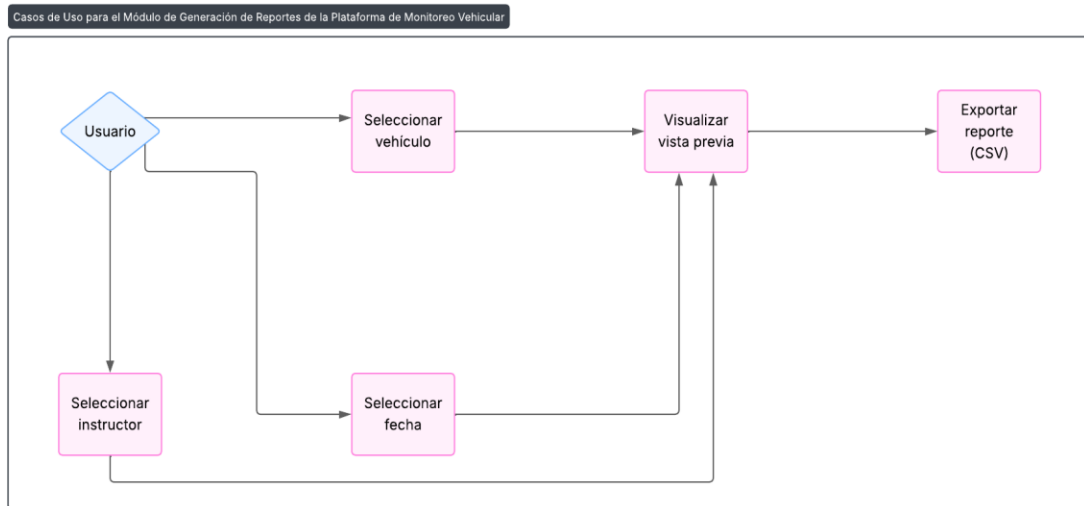
Diagrama de secuencia para inicio de sesión



La Figura 8 representa el flujo secuencial de eventos durante el proceso de inicio de sesión, desde el ingreso de credenciales por parte del usuario hasta la validación por el servidor y la respuesta del sistema según sea exitosa o fallida.

Figura 9

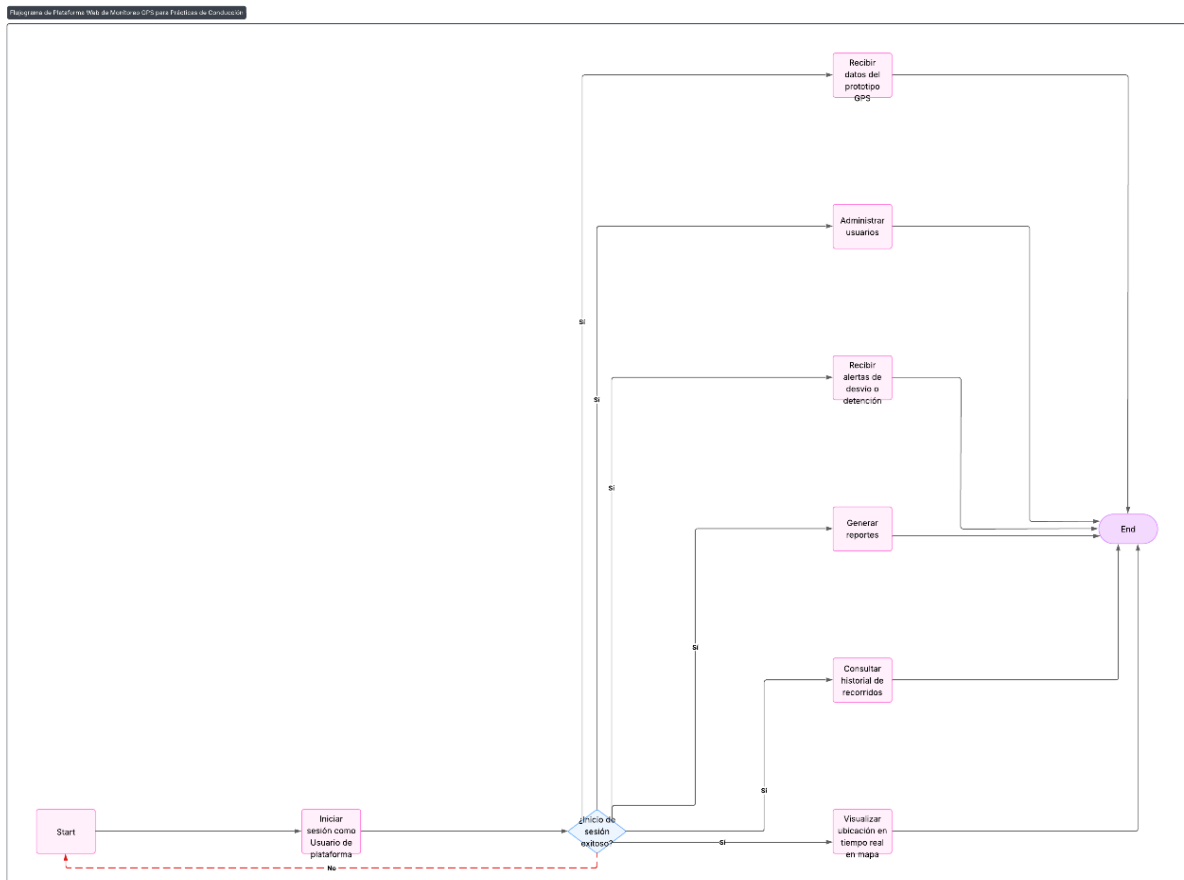
Diagrama Generación de reportes



La Figura 9 detalla las interacciones del usuario en el módulo de reportes, desde la selección de filtros por vehículo, instructor o fecha, hasta la exportación de reportes en diferentes formatos, permitiendo un análisis estructurado del desempeño en las prácticas de conducción.

Figura 10

Flujograma del sistema



La Figura 10 muestra una vista global de los principales casos de uso del sistema de monitoreo GPS, incluyendo la autenticación, la visualización de recorridos en tiempo real, la generación de reportes, la recepción de alertas y la gestión de usuarios.

2.7.1 Arquitectura del Sistema

El prototipo de seguridad y seguimiento en rutas con GPS desarrollado se basa en una arquitectura cliente-servidor, la cual se complementa con el patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC) como se muestra en la Figura 7. En esta arquitectura, el componente modelo es el responsable de gestionar toda la información relacionada con las coordenadas GPS, rutas autorizadas para las prácticas de conducción, perfiles de estudiantes e instructores, y el historial de sesiones de manejo. Este componente interactúa directamente con la base de datos, manejando la lógica de acceso, consulta y manipulación de los datos de geolocalización y seguimiento vehicular.

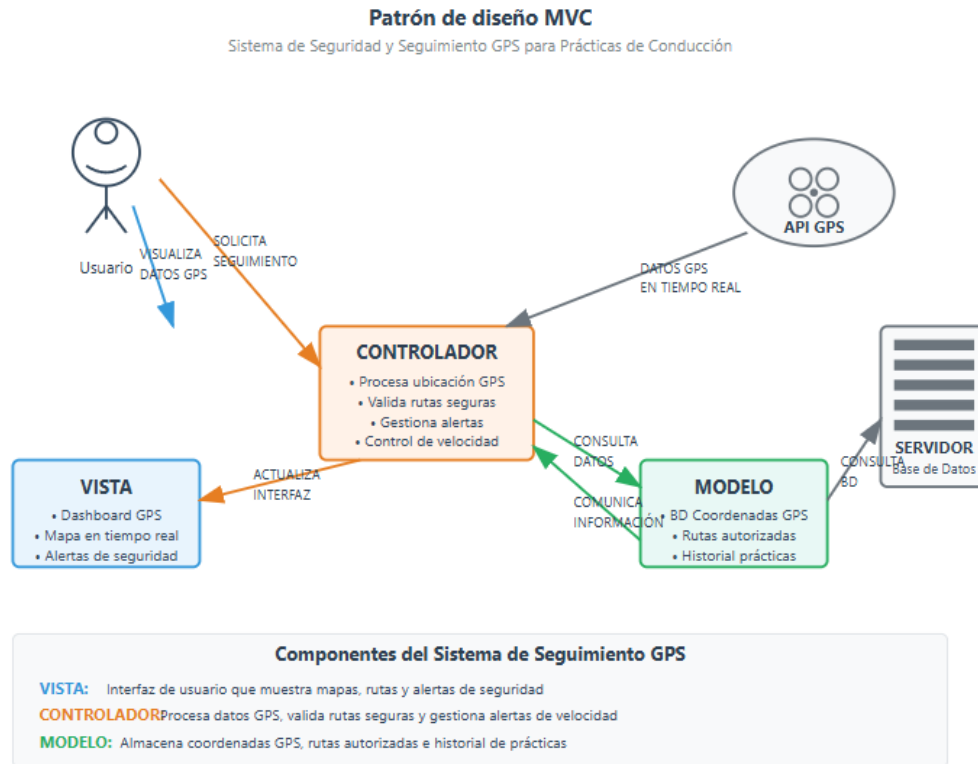
Por otro lado, el controlador actúa como intermediario entre la Vista y el Modelo, siendo el núcleo del procesamiento de datos GPS en tiempo real. Este componente se encarga de recibir las coordenadas de ubicación provenientes de los dispositivos GPS instalados en los vehículos de práctica, validar que las rutas seguidas correspondan a los recorridos autorizados por la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, y generar alertas de seguridad cuando se detecten desviaciones de ruta o excesos de velocidad. Además, procesa las solicitudes de los usuarios (instructores y administradores), invoca las acciones correspondientes en el Modelo para recuperar información del sistema de seguimiento, y envía los datos procesados a la Vista para su presentación.

Finalmente, la vista es la encargada de presentar la información de seguimiento de forma visual y comprensible para los usuarios del sistema. Esta incluye dashboards interactivos con mapas en tiempo real que muestran la ubicación de los vehículos durante las prácticas, interfaces para la visualización de rutas autorizadas, paneles de alertas de seguridad, y reportes del historial de sesiones de conducción. La vista recibe la información del Controlador y utiliza una combinación de tecnologías web estáticas y dinámicas para renderizar mapas interactivos, gráficos de seguimiento y notificaciones en tiempo real.

De esta manera, se logra una clara separación de responsabilidades específicas para el sistema de seguimiento GPS, lo que facilita el mantenimiento del prototipo, permite la escalabilidad para incorporar más vehículos y rutas en el futuro, y promueve un desarrollo más organizado y modular que puede adaptarse a las necesidades cambiantes de la institución educativa.

Figura 11

Patrón de diseño MVC

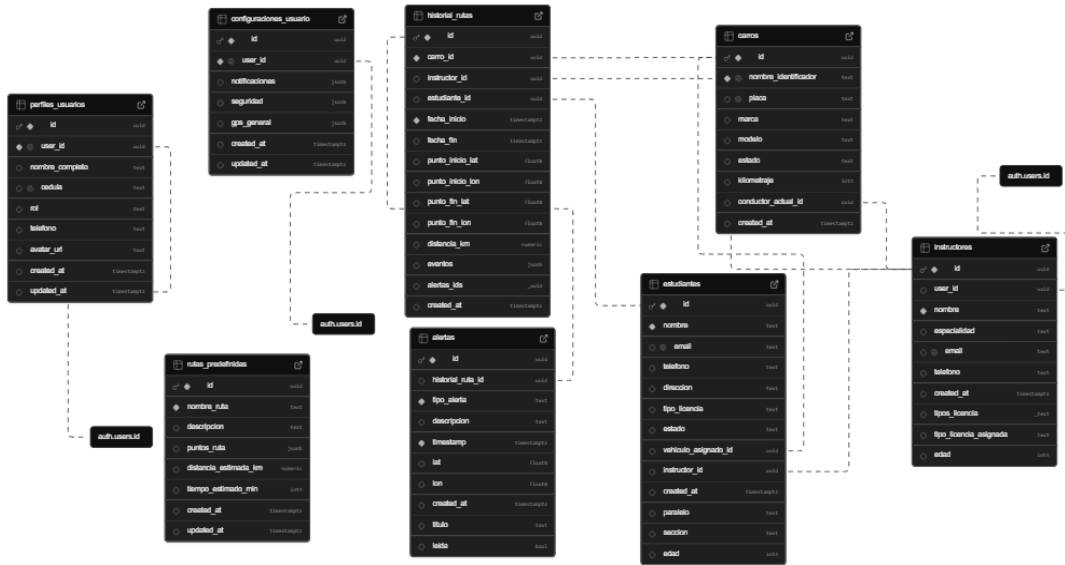


2.7.2 Diseño de Base de Datos

La plataforma web desarrollada cuenta con una base de datos compuesta por diversas tablas interrelacionadas, tal como se muestra en la Figura 12. Esta estructura fue diseñada con el propósito de organizar de forma eficiente la información clave del sistema, incluyendo datos de usuarios, vehículos, recorridos, alertas y reportes generados. Gracias a esta arquitectura, fue posible implementar funcionalidades como la visualización en tiempo real, el almacenamiento histórico de rutas, la generación de alertas por desvíos o detenciones prolongadas y la administración de usuarios. La base de datos permite asegurar la integridad y trazabilidad de la información, facilitando así la supervisión precisa del proceso formativo en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Figura 12

Diseño de la base de datos



2.7.3 Diseño de interfaz

En la Figura 13 y Figura 14 se ilustra la interfaz base que sirvió como fundamento y punto de partida para el diseño de todas las vistas y pantallas que componen el sistema GPS desarrollado. Esta interfaz base establece la estructura y los elementos visuales comunes que se mantienen consistentes a lo largo de toda la aplicación.

Figura 13

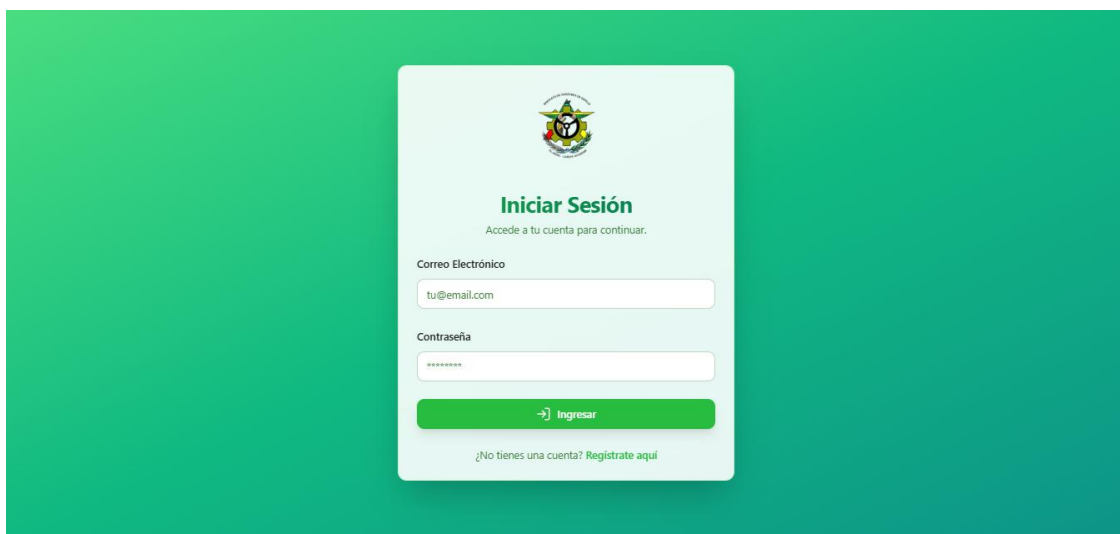
Diseño de Interfaz Gráfica



La interfaz principal del sistema presenta un diseño de dashboard centralizado que organiza la información en módulos claramente diferenciados, mostrando métricas clave como el total de estudiantes, instructores, vehículos y vehículos en ruta mediante tarjetas de información con códigos de color distintivos. El panel de navegación lateral izquierdo proporciona acceso directo a las principales funcionalidades del sistema, incluyendo el panel de control principal, rastreo en vivo, gestión de estudiantes, instructores, vehículos, rutas y configuración.

Figura 14

Diseño de interfaz de login (Autenticación)



Por otro lado, la interfaz de autenticación mantiene la coherencia visual del sistema mediante el uso de la identidad corporativa GPS, implementando un diseño limpio y centrado que facilita el proceso de inicio de sesión. Esta pantalla utiliza una paleta de colores verde (#4CAF50, #00C853) que refuerza la identidad visual de la plataforma, con elementos de entrada de datos claramente definidos para correo electrónico y contraseña.

Dicha interfaz base actúa como un armazón visual, definiendo la distribución general de los componentes, la tipografía, el estilo de los menús de navegación y otros elementos recurrentes como botones, formularios y tarjetas informativas. Al utilizar esta interfaz como plantilla, se garantiza una apariencia cohesiva y una experiencia de usuario uniforme en todas las secciones del sistema, manteniendo la usabilidad y accesibilidad como principios fundamentales del diseño.

2.7.4 Herramientas Tecnológicas

2.7.4.1 Implementación y Codificación

El desarrollo de este sistema involucró la utilización de tecnologías modernas que permitieron construir una aplicación web robusta, eficiente y modular. Para la construcción del frontend, se empleó React (v18.2.0), una biblioteca de código abierto basada en JavaScript, ampliamente utilizada en el desarrollo de interfaces de usuario interactivas y responsivas. React permite estructurar la vista en componentes reutilizables, lo que facilita el mantenimiento y la escalabilidad del sistema, además de integrarse de forma fluida con herramientas como React Router para la navegación y TailwindCSS para el diseño visual. En el backend, se utilizó Supabase, una plataforma como servicio (Backend-as-a-Service) que proporciona una solución integral para la autenticación de usuarios, gestión de datos y lógica del lado del servidor. Supabase ofrece una estructura basada en el patrón Modelo–Vista–Controlador (MVC), adaptada al uso de consultas en tiempo real, funciones edge y gestión de eventos mediante triggers.

Para el almacenamiento de datos, se empleó PostgreSQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional potente y confiable. La integración entre PostgreSQL y Supabase permite una manipulación segura y eficiente de la información, a través de modelos de datos estructurados, relaciones entre entidades y políticas de control de acceso que refuerzan la seguridad. Supabase también proporciona una interfaz para administrar la base de datos, facilitando la creación de tablas, la ejecución de consultas SQL y la generación de vistas personalizadas.

La combinación de React en el cliente y Supabase en el servidor permitió establecer una arquitectura moderna orientada a servicios, donde las operaciones de lectura, escritura y visualización de datos se realizan en tiempo real, asegurando una experiencia fluida para los usuarios responsables de monitorear los vehículos en prácticas de conducción.

2.7.4.2 Evaluación Plataforma

Para validar el correcto funcionamiento de la plataforma web de monitoreo GPS, se aplicaron pruebas funcionales y pruebas de integración, enfocadas en verificar que cada

módulo cumpliera con los requisitos definidos y que los datos provenientes del prototipo se gestionaran de forma adecuada. Estas pruebas se desarrollaron utilizando herramientas como React Testing Library y Jest, las cuales permitieron simular eventos del usuario, validar el comportamiento de los componentes y detectar errores en el flujo de interacción.

A nivel funcional, se evaluaron operaciones clave como el inicio de sesión, la visualización del mapa en tiempo real, la gestión de usuarios y la generación de reportes, asegurando que cada vista de la plataforma respondiera correctamente a la lógica implementada. En cada uno de estos casos, se verificó también la usabilidad de la interfaz, así como la coherencia entre los datos visualizados y los almacenados.

En cuanto a las pruebas de integración, se comprobó la comunicación fluida entre React y Supabase, verificando que la información capturada por el prototipo GPS fuera correctamente almacenada en la base de datos PostgreSQL y posteriormente consultada y visualizada en la plataforma web. Se probaron aspectos como la seguridad en el acceso (autenticación), la protección de datos, y la integridad de las consultas, incluyendo filtros por fecha, vehículo o usuario. Estas pruebas se ejecutaron de forma iterativa durante los sprints de desarrollo, lo que permitió detectar errores en etapas tempranas, aplicar correcciones y mejorar la estabilidad del sistema. En la Tabla 12 se presenta el resumen de las pruebas aplicadas a la plataforma web desarrollada.

Tabla 12

Resumen de pruebas realizadas en la plataforma web

N°	Tipo de prueba	Módulo probado	Herramienta utilizada	Descripción	Resultado esperado
1	Funcional	Inicio de sesión	React Testing Library, Jest	Verificar que los usuarios accedan al sistema con sus credenciales.	Acceso concedido si los datos son válidos.

2	Funcional	Visualización en tiempo real	React + Supabase	Validar que los vehículos se muestren en el mapa en tiempo real.	Mapa actualizado cada 5 segundos con la ubicación precisa.
3	Funcional	Gestión de usuarios	React, Supabase Auth	Crear, editar o eliminar cuentas de administradores.	Operaciones reflejadas correctamente en la base de datos.
4	Funcional	Generación de reportes	React	Verificar la creación de reportes filtrados por vehículo y fecha.	Reporte generado con datos históricos precisos.
5	Integración	Visualización de recorridos	React + Supabase (PostgreSQL)	Comprobar que los datos enviados por el prototipo se consulten correctamente.	Datos mostrados corresponden al historial real del GPS.
6	Seguridad	Control de acceso	Supabase Auth	Asegurar que solo usuarios autenticados accedan al sistema.	Acceso denegado a usuarios no autorizados.
7	Integración	Recepción de datos GPS	Supabase (canales en tiempo real)	Validar que el sistema reciba y almacene datos del prototipo.	Datos almacenados sin errores y visibles en la plataforma.

CAPÍTULO III:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del sistema de seguridad y monitoreo vehicular con tecnología GPS, implementado para optimizar el control de las prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Se exponen de manera estructurada los logros alcanzados en las dos fases principales del proyecto: el diseño y funcionamiento del prototipo GPS, y el desarrollo de la plataforma web de seguimiento. Se detallan los componentes construidos, las funcionalidades implementadas y las interfaces diseñadas para facilitar la gestión, visualización y supervisión de los vehículos en tiempo real.

Además, se describen los resultados de las pruebas funcionales realizadas, tanto en campo como en entorno digital, que permitieron validar el correcto desempeño del sistema. Estas pruebas confirman que el prototipo es capaz de capturar y transmitir datos de ubicación de forma estable y continua, y que la plataforma responde eficazmente ante eventos críticos como desvíos de ruta o emergencias. Finalmente, se muestran evidencias visuales del sistema en operación, permitiendo una comprensión clara de su alcance, utilidad y alineación con los objetivos de control, seguridad y eficiencia propuestos en esta investigación.

3.1 Resultados Fase 1. Desarrollo de prototipo GPS

El desarrollo del prototipo de monitoreo GPS se llevó a cabo en dos etapas principales: una fase de integración electrónica y una fase de validación en campo. En la primera etapa, se trabajó en la configuración de los componentes que conforman el dispositivo, asegurando su correcta interacción para cumplir con los requerimientos de captura y transmisión de datos. Posteriormente, en la segunda etapa, se evaluó el funcionamiento del prototipo en condiciones reales, comprobando su capacidad para adaptarse al entorno operativo de las prácticas de conducción.

3.1.1 Etapa 1: Integración electrónica

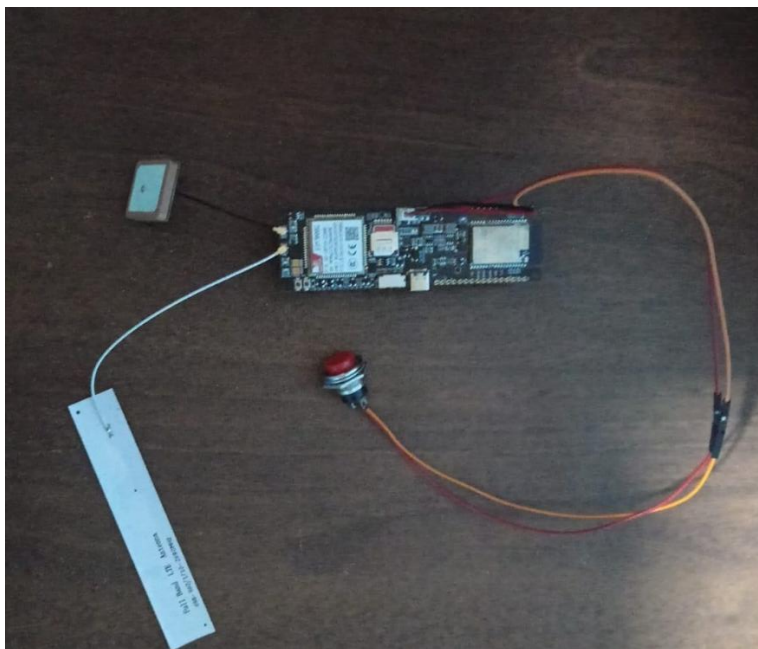
La primera etapa del desarrollo del prototipo GPS consistió en la integración de los componentes electrónicos fundamentales, sin incorporar aún una carcasa definitiva. En esta fase se trabajó con el módulo ESP32 con SIM7000G, el cual fue configurado para conectarse a redes WiFi y móviles 4G, y para recibir datos de localización mediante su módulo GPS incorporado. Esta etapa tuvo como propósito principal asegurar que todos los elementos de hardware pudieran interactuar correctamente y cumplir con las funcionalidades previstas. Durante esta fase, se llevó a cabo la programación inicial en el entorno Arduino IDE, donde se implementaron las funciones esenciales de captura de coordenadas, envío de datos a la nube y detección de pulsaciones del botón de emergencia. Las pruebas se realizaron en condiciones controladas de laboratorio, con el fin de validar que el dispositivo respondiera adecuadamente ante eventos simulados, como la pérdida de conexión o la activación de alertas.

Asimismo, se verificó el funcionamiento de las librerías utilizadas, tales como TinyGsmClient para la comunicación celular, ArduinoHttpClient para las solicitudes HTTP hacia la API en Supabase, y WiFi.h para la conexión inalámbrica. La integración de estas librerías permitió establecer la estructura base para el envío de datos en tiempo real, un aspecto clave del prototipo.

La Figura 15 muestra el prototipo durante la fase de integración electrónica, en la cual los componentes fueron ensamblados y evaluados individualmente para verificar su correcto funcionamiento antes de ser instalados en los vehículos de práctica.

Figura 15

Prototipo durante la fase de integración electrónica



3.1.2 Etapa 2: Validación en campo

La fase final del desarrollo del prototipo GPS se centró en su validación en condiciones reales, con el objetivo de comprobar su desempeño operativo en los vehículos de práctica de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Esta etapa fue determinante para evaluar la estabilidad del sistema, la calidad de la señal GPS, la capacidad de conexión a internet y la correcta transmisión de datos hacia la plataforma en la nube.

Durante esta fase, el prototipo fue instalado de forma segura en un vehículo de práctica, considerando su exposición a movimiento, vibraciones y posibles pérdidas de señal. Se realizaron pruebas de recorrido bajo distintos escenarios, verificando que el dispositivo captara coordenadas GPS con precisión, y que éstas fueran enviadas exitosamente a la plataforma web a través de redes móviles 4G o WiFi cuando estuviera disponible.

El tiempo promedio que tarda el prototipo en captar la señal GPS y transmitirla varía según las condiciones del entorno: cuando la señal es estable, los datos se envían cada segundo; sin embargo, en zonas con baja cobertura o interferencias, el envío se ajusta

automáticamente a un intervalo de aproximadamente 10 segundos, garantizando así la continuidad del monitoreo sin pérdida de información.

Además, se puso a prueba el botón de emergencia, comprobando su sensibilidad y funcionalidad en situaciones simuladas. Se validó también la capacidad del prototipo para reconectarse automáticamente a la red en caso de pérdida temporal de señal, garantizando la continuidad en la transmisión de información.

Esta fase permitió confirmar que el prototipo cumplía con los requisitos de monitoreo en tiempo real y respuesta ante emergencias, asegurando su viabilidad para ser implementado en el entorno formativo y reforzar la seguridad durante las prácticas de conducción. La Figura 16 muestra el prototipo completamente ensamblado en su diseño final, con todos los componentes integrados y listos para su funcionamiento. Por su parte, la Figura 17 presenta el prototipo ya instalado dentro del vehículo de práctica, preparado para su implementación en condiciones reales durante las jornadas de conducción.

Figura 16

Prototipo ensamblado en su diseño final

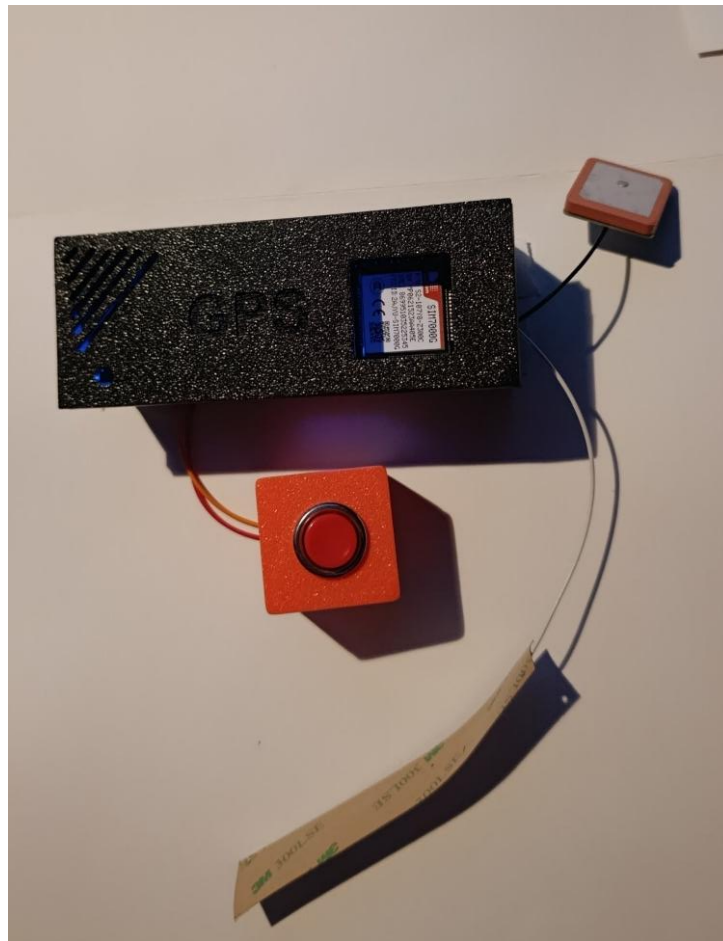


Figura 17

Prototipo instalado dentro del vehículo



3.2 Resultados Fase 2. Desarrollo Plataforma Web

En esta sección se detallan los resultados obtenidos durante la fase de desarrollo de la plataforma web de monitoreo vehicular, el cual forma parte fundamental de la solución tecnológica propuesta. Esta plataforma fue diseñada para gestionar, visualizar y analizar en tiempo real la información enviada desde el prototipo GPS instalado en los vehículos de práctica, permitiendo a los instructores y administradores llevar un control más eficiente y seguro de las rutas de conducción.

A través de esta interfaz web, se integran funcionalidades clave como la visualización en tiempo real de los recorridos, la administración de usuarios, la generación de reportes históricos, y la recepción de alertas por eventos inusuales. El desarrollo del sistema se llevó a cabo bajo un enfoque iterativo utilizando la metodología Scrum, asegurando una evolución progresiva de sus funcionalidades según las necesidades detectadas en el entorno formativo.

3.2.1 Interfaz de acceso seguro al sistema

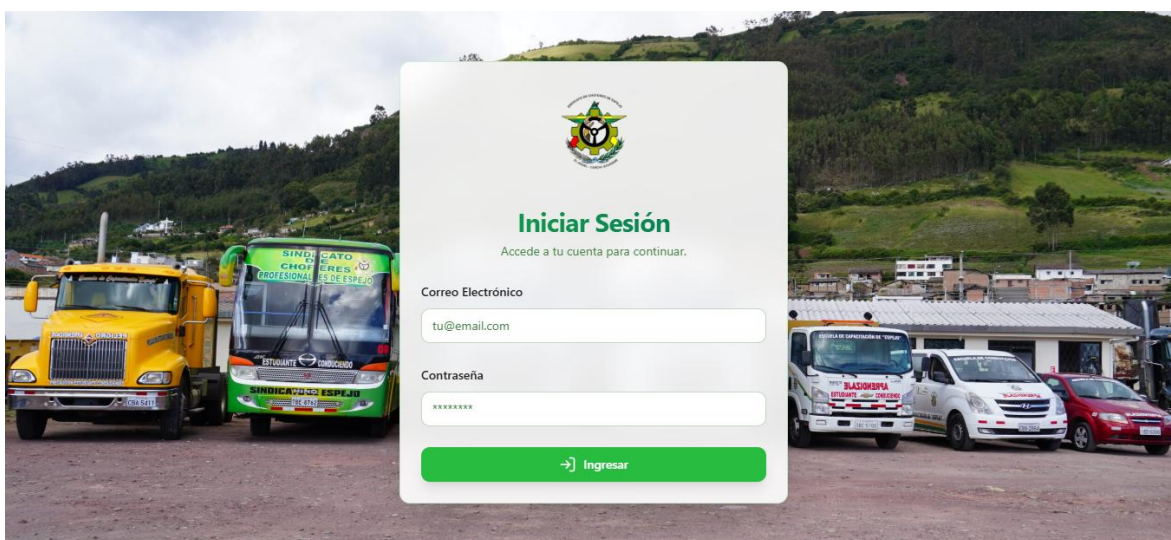
La Figura 18 presenta la pantalla de inicio de sesión diseñada para garantizar un acceso seguro a la plataforma web de monitoreo vehicular. Esta interfaz permite a los

usuarios autorizados ingresar mediante sus credenciales previamente registradas, asegurando el control de acceso y la protección de la información sensible.

En esta vista se incluyen los campos para ingresar correo electrónico y contraseña, acompañados de mensajes de validación para prevenir errores comunes. La autenticación es gestionada mediante los servicios de Supabase, lo que proporciona un sistema robusto y confiable para la verificación de identidad. Esta funcionalidad es clave para delimitar el uso del sistema a instructores y administradores autorizados, resguardando así la integridad de los datos generados durante las prácticas de conducción.

Figura 18

Pantalla de inicio de sesión de la plataforma web



3.2.1.1 Rol Administrador Plataforma GPS

En este apartado se presentan las interfaces correspondientes al rol de administrador dentro del sistema de monitoreo GPS. Este rol cuenta con acceso total a las funcionalidades de la plataforma web, lo que le permite gestionar eficientemente los recursos vinculados a las prácticas de conducción.

Entre sus principales tareas se encuentran: el registro y administración de estudiantes, instructores y vehículos; la supervisión en tiempo real de las rutas mediante mapas interactivos; el control de los dispositivos GPS vinculados al sistema, así como la generación de reportes de recorrido. Estas herramientas fueron diseñadas con el objetivo de optimizar la

gestión operativa de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, asegurando un entorno controlado y seguro para la formación práctica.

3.2.2 Interfaz panel de control principal

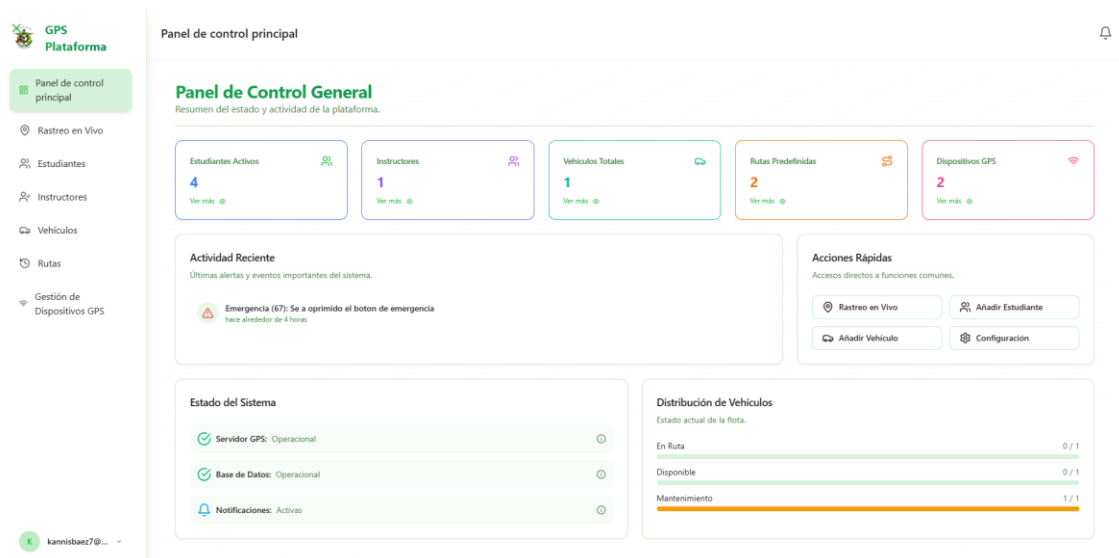
La Figura 19 muestra el panel de control principal de la plataforma web de monitoreo GPS. Esta interfaz resume de manera clara el estado actual de la plataforma, brindando acceso visual a los indicadores clave como el número de estudiantes activos, instructores registrados, vehículos disponibles, rutas predefinidas y dispositivos GPS integrados.

Cada tarjeta en el panel contiene un enlace directo a la gestión detallada de cada módulo, permitiendo una navegación ágil. Además, la sección de Acciones Rápidas proporciona accesos directos a las funciones más utilizadas, como el rastreo en vivo y el registro de nuevos estudiantes, vehículos o configuraciones.

Este panel central está diseñado para ofrecer una visión general inmediata del funcionamiento del sistema, facilitando la supervisión y toma de decisiones por parte de los administradores del proceso formativo en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Figura 19

Pantalla de panel de control principal



3.2.3 Interfaz rastreo en vivo

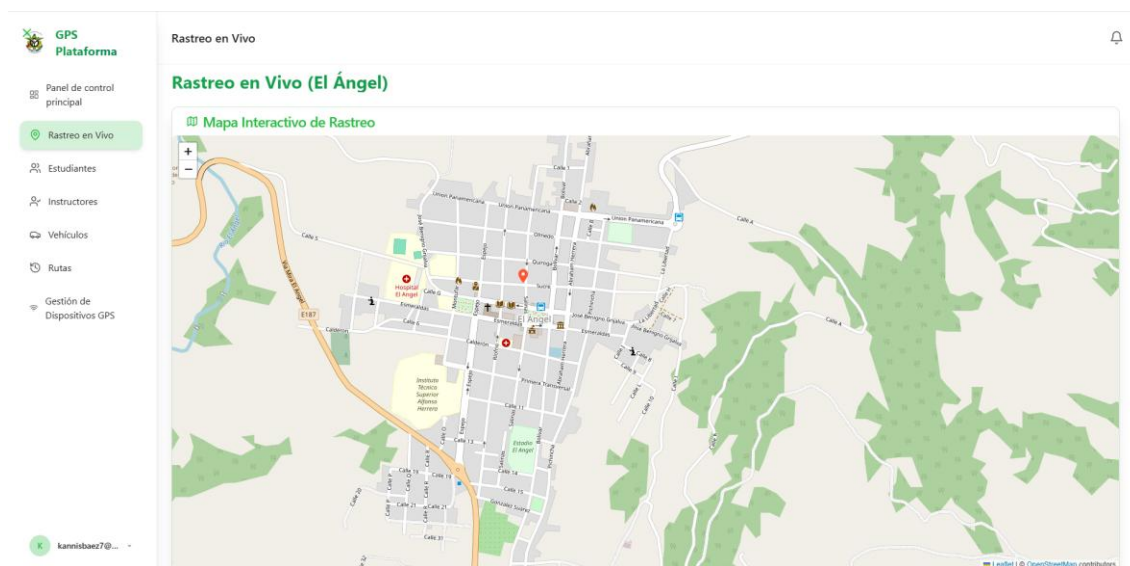
La Figura 20 muestra la interfaz de Rastreo en Vivo, una de las funcionalidades principales de la plataforma web. A través de un mapa interactivo, esta vista permite al administrador y al personal de supervisión visualizar en tiempo real la ubicación de los vehículos de práctica que cuentan con el prototipo GPS instalado.

El sistema utiliza mapas de OpenStreetMap integrados mediante la librería React-Leaflet, ofreciendo una visualización precisa de las coordenadas enviadas por los dispositivos. Esta funcionalidad facilita el monitoreo continuo de las rutas establecidas, permitiendo una respuesta inmediata ante desvíos, detenciones no programadas o eventos de emergencia activados desde el vehículo.

La interfaz ha sido diseñada para ser intuitiva y responsiva, garantizando una experiencia de usuario clara en entornos administrativos o de campo. Este módulo fortalece el componente de seguridad y control durante las prácticas de conducción, en cumplimiento con los objetivos definidos en el proyecto.

Figura 20

Pantalla de rastreo en vivo



3.2.4 Interfaz gestión de estudiantes

La Figura 21 muestra la interfaz de Gestión de Estudiantes, un módulo esencial dentro de la plataforma web que permite al administrador registrar como muestra en la figura 22,

consultar, editar o eliminar los datos de los estudiantes activos en la plataforma. Esta sección centraliza la información clave de los aprendices, como nombres completos, tipo de licencia asignada, estado actual (activo o inactivo) y el vehículo que se les ha asignado para las prácticas.

Además, la interfaz incluye un sistema de búsqueda y filtrado por nombre, licencia o paralelo, lo que facilita la gestión eficiente incluso cuando se maneja un volumen elevado de usuarios. También incorpora accesos rápidos para visualizar el perfil del estudiante, editar su información o eliminar el registro.

Este módulo contribuye significativamente al control organizativo de las prácticas de conducción, asegurando una administración ordenada y transparente en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Figura 21

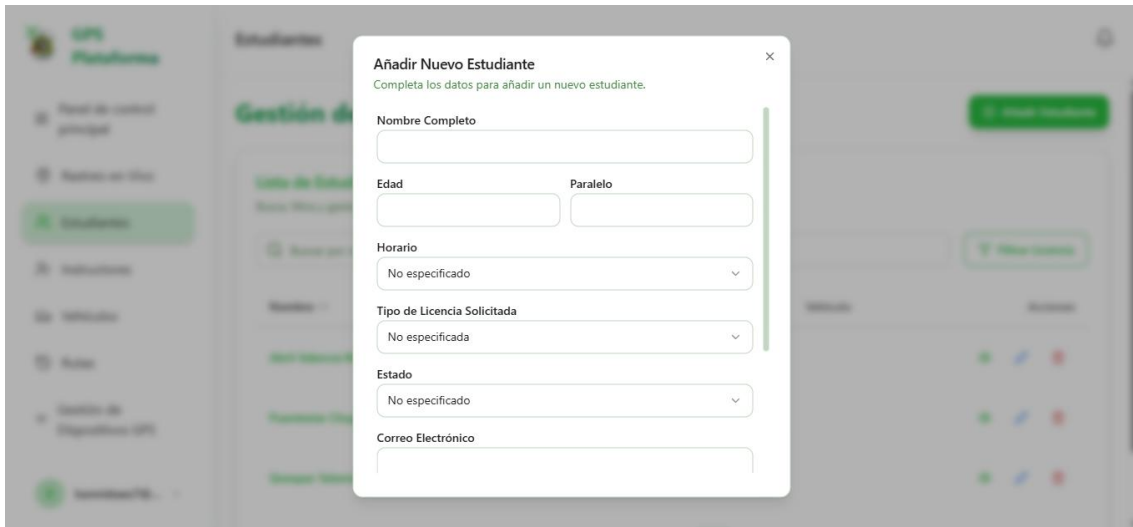
Pantalla de gestión de estudiantes

The screenshot displays the 'Gestión de Estudiantes' interface. On the left is a sidebar with navigation options: 'Panel de control principal', 'Rastreo en Vivo', 'Estudiantes' (highlighted), 'Instructores', 'Vehículos', 'Rutas', and 'Gestión de Dispositivos GPS'. The main content area is titled 'Estudiantes' and 'Gestión de Estudiantes'. It includes a search bar with the placeholder 'Buscar por nombre, licencia, paralelo...', a 'Filtrar Licencia' button, and a table with 4 active students. The table has columns for 'Nombre', 'Licencia', 'Estado', 'Vehículo', and 'Acciones'. The students listed are: Abril Valencia Marcela Vanessa, Puentestar Chuga Esteban Patricio, Quespaz Yalamá Dayana Jazmin, and Jiles Anderson Josue.

Nombre <>	Licencia <>	Estado <>	Vehículo	Acciones
Abril Valencia Marcela Vanessa	C	Activo		
Puentestar Chuga Esteban Patricio	C	Activo		
Quespaz Yalamá Dayana Jazmin	C	Activo		
Jiles Anderson Josue	C	Activo		

Figura 22

Pantalla registrar estudiantes



3.2.5 Interfaz gestión de instructores

La Figura 23 muestra la interfaz del módulo de Gestión de Instructores, una funcionalidad clave de la plataforma web que permite al administrador visualizar, registrar, editar o eliminar los datos de los instructores activos en la plataforma. Esta sección presenta información relevante como nombre completo, edad, número de contacto, tipo de licencia asignada y cantidad de estudiantes vinculados a cada instructor.

Además, el módulo ofrece botones de acceso rápido para ver detalles del instructor, asignar estudiantes a su cargo o eliminar su registro. La opción “Añadir Instructor” que muestra la figura 24 permite incorporar nuevos usuarios de forma sencilla y estructurada. Esta interfaz está diseñada para ofrecer una administración clara y eficiente del personal docente, asegurando una adecuada distribución de responsabilidades y fortaleciendo el control académico en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Figura 23

Pantalla gestión instructores

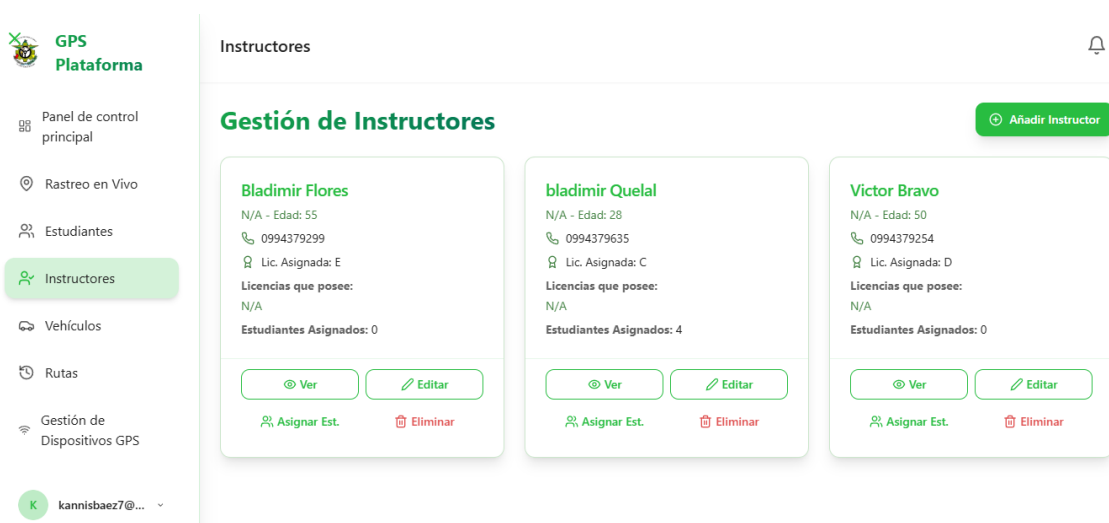
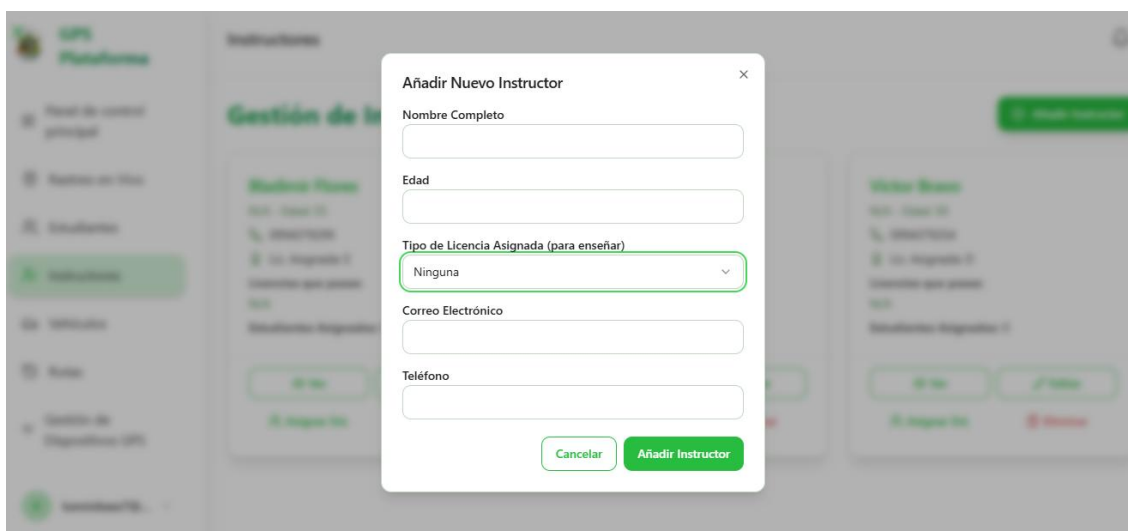


Figura 24

Pantalla registrar instructores



La Figura 25 evidencia la funcionalidad del botón “Ver”, que permite acceder al perfil completo de cada instructor. Al hacer clic, se despliega una vista detallada con toda la información registrada, como datos personales, licencias que posee y estudiantes a su cargo. Esta vista integral facilita la consulta rápida de la trayectoria y participación de cada instructor en el proceso formativo. Por otro lado, la Figura 26 presenta la interfaz de asignación de estudiantes, donde el administrador puede vincular de manera directa a los aprendices con su respectivo instructor. Esta funcionalidad optimiza la organización interna

de la escuela, asegurando una correcta distribución de responsabilidades y seguimiento personalizado a los estudiantes durante su formación práctica.

Figura 25

Pantalla información instructores

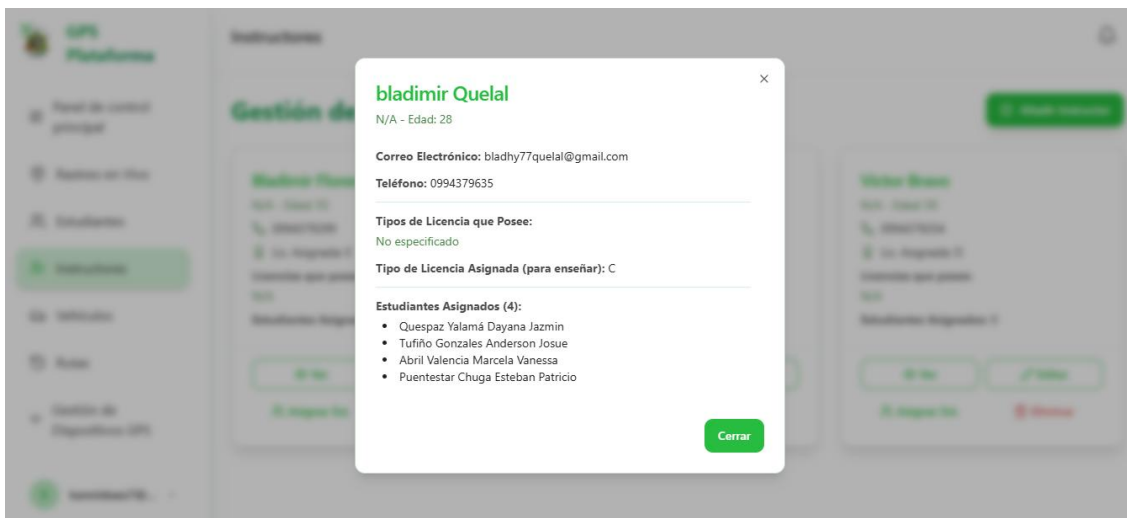
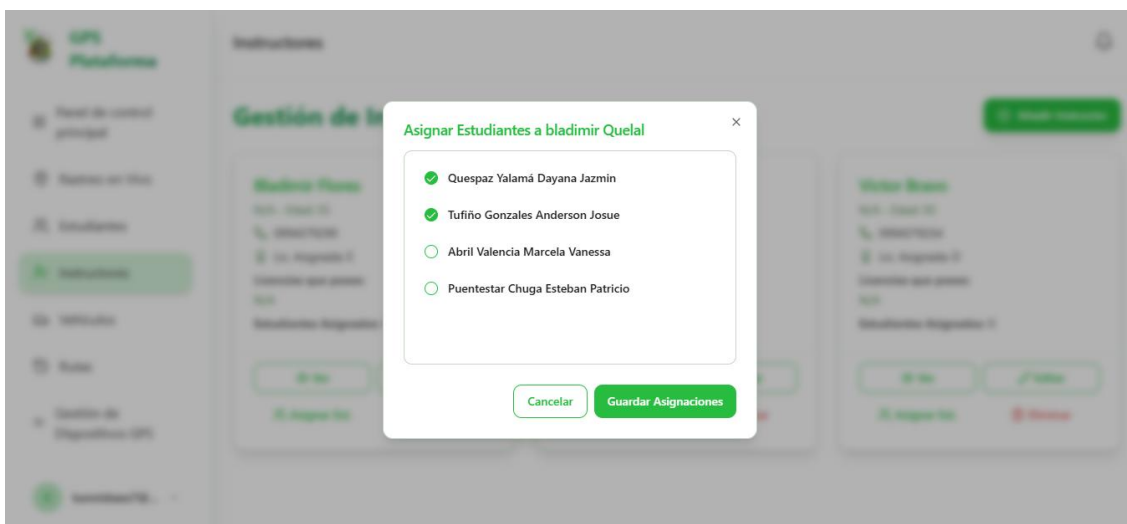


Figura 26

Pantalla asignar estudiantes a instructores



3.2.6 Interfaz gestión de vehículos

La Figura 27 muestra la interfaz del módulo de Gestión de Vehículos, una herramienta fundamental dentro de la plataforma web que permite al administrador registrar, editar, eliminar y consultar información relevante sobre los vehículos utilizados en las prácticas de

conducción. Cada tarjeta presenta datos clave como la placa, marca, modelo, estado actual del vehículo (disponible, en ruta o en mantenimiento), kilometraje registrado, estado de asignación del dispositivo GPS, y el instructor encargado de su uso.

Además, este módulo incluye botones de acceso rápido que permiten al administrador consultar el historial de uso del vehículo como muestra la figura 29, editar su información o eliminarlo del sistema. También se encuentra disponible la opción “Añadir Vehículo” como se observa en la figura 28 para incorporar nuevas unidades de manera ágil. Esta funcionalidad asegura un control preciso de la flota vehicular utilizada por la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, facilitando una gestión más organizada y segura de los recursos durante las prácticas formativas.

Figura 27

Pantalla gestión de vehículos

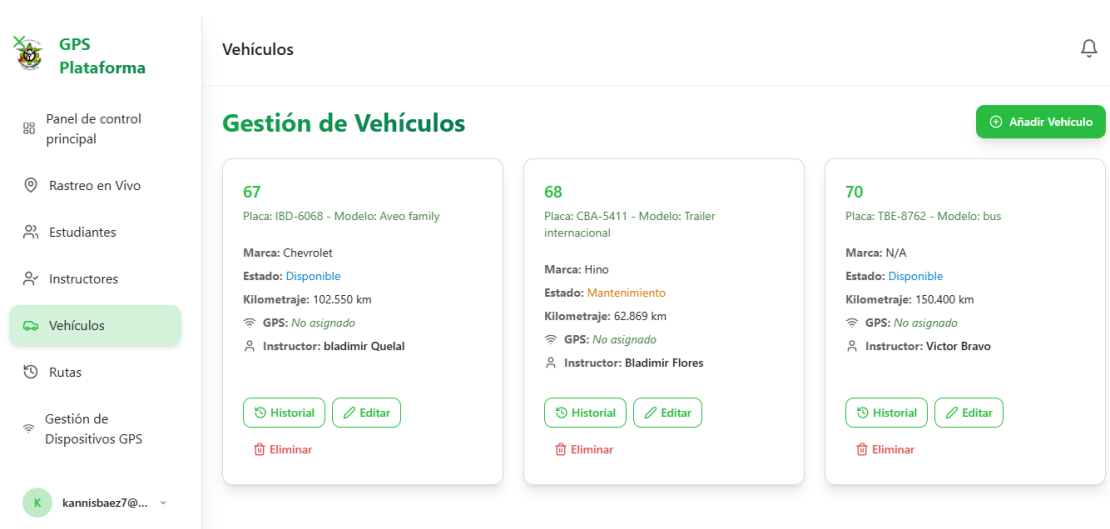


Figura 28

Pantalla de registrar vehículos

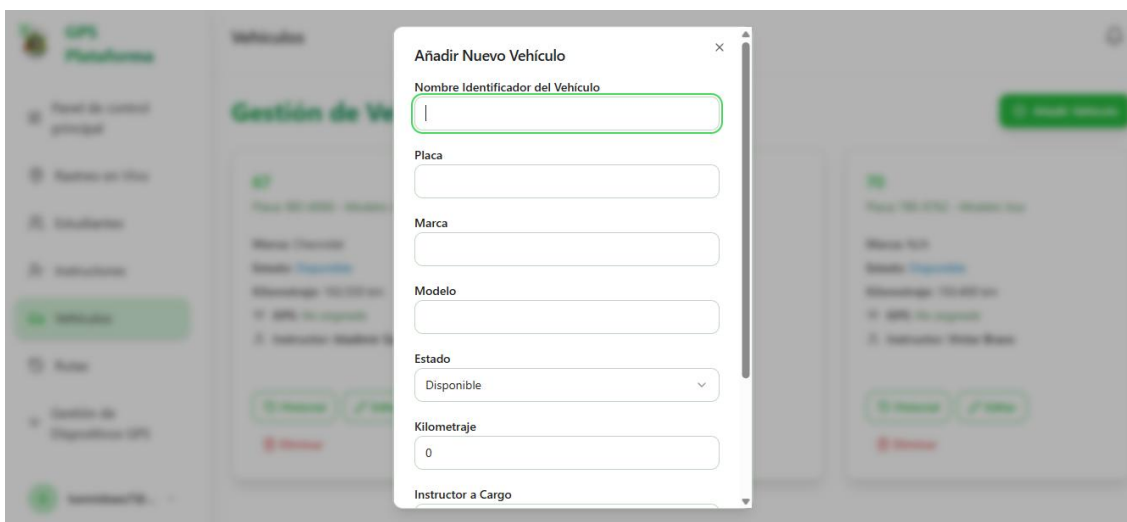
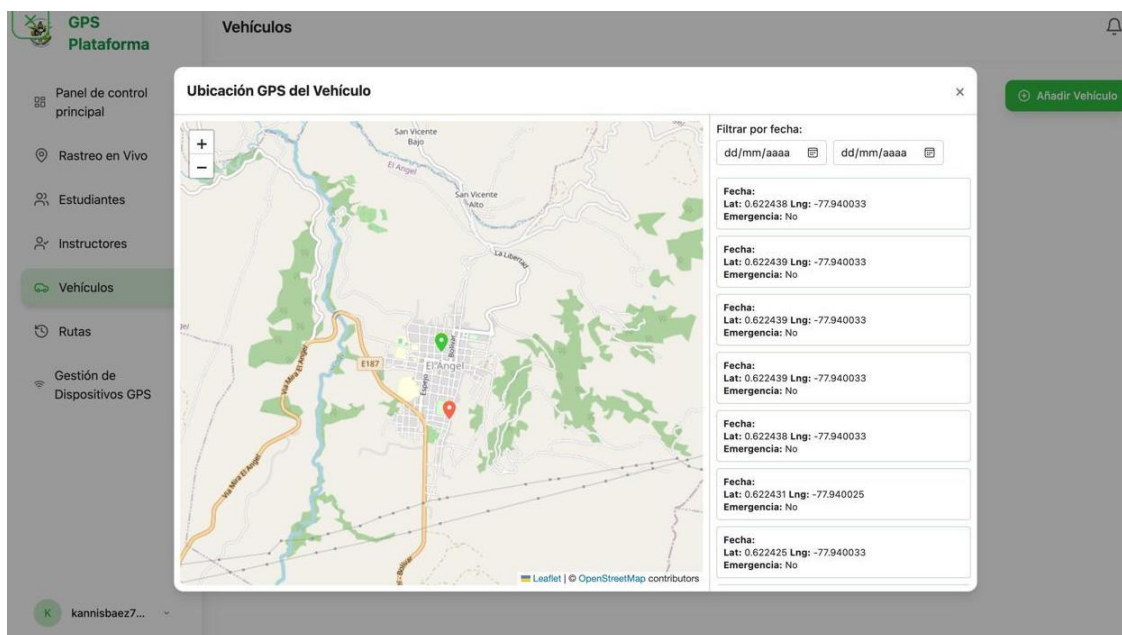


Figura 29

Pantalla de historial de vehículos



3.2.7 Interfaz gestión rutas

La Figura 30 muestra la interfaz del módulo de Gestión de Rutas, el cual permite al administrador visualizar, actualizar o registrar nuevas rutas utilizadas en las prácticas de

conducción. Esta sección está diseñada para facilitar la organización de los trayectos estandarizados que siguen los estudiantes durante su formación.

En la parte central de la pantalla se presentan las Rutas Predefinidas, que incluyen información relevante como el nombre del circuito y una breve descripción del recorrido. Cada ruta cuenta con un botón interactivo “Ver en Mapa” que permite al administrador o instructor visualizar el trazado exacto directamente sobre el mapa integrado de la plataforma como muestra en la figura 31.

Este módulo fortalece la planificación y control de las prácticas vehiculares, permitiendo una gestión centralizada y visual de las rutas, lo que contribuye a mejorar la seguridad y la trazabilidad del proceso formativo.

Figura 30

Pantalla gestión de rutas

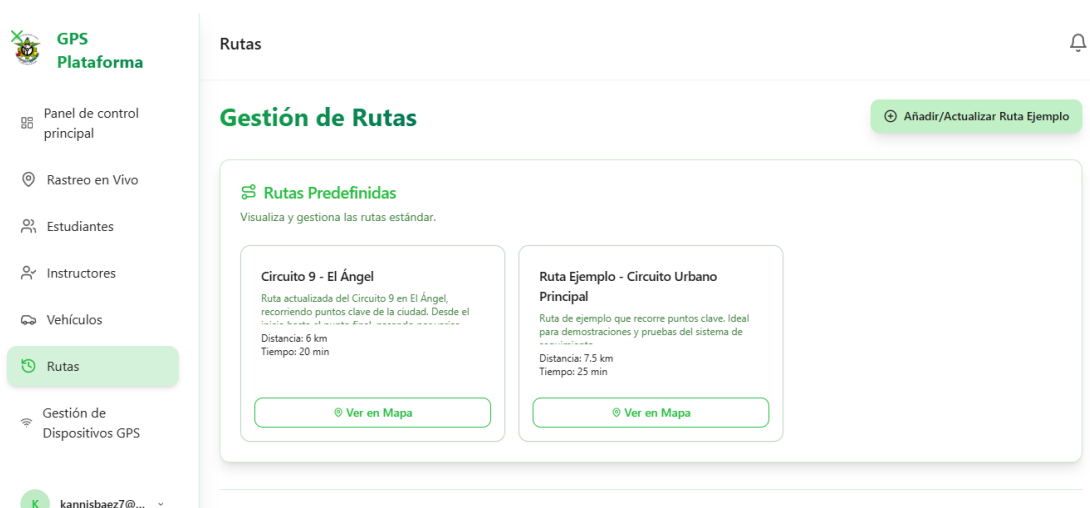
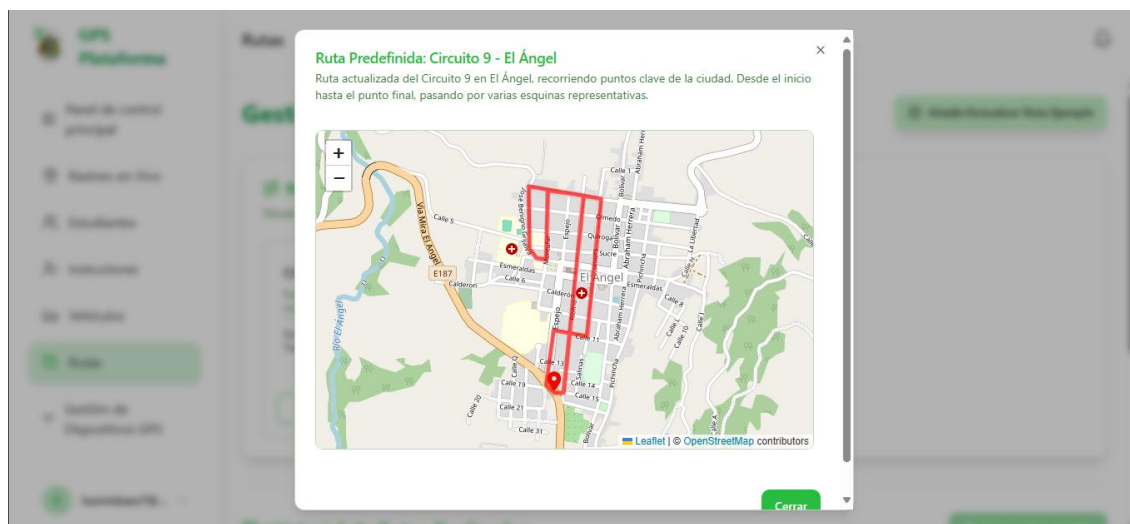


Figura 31

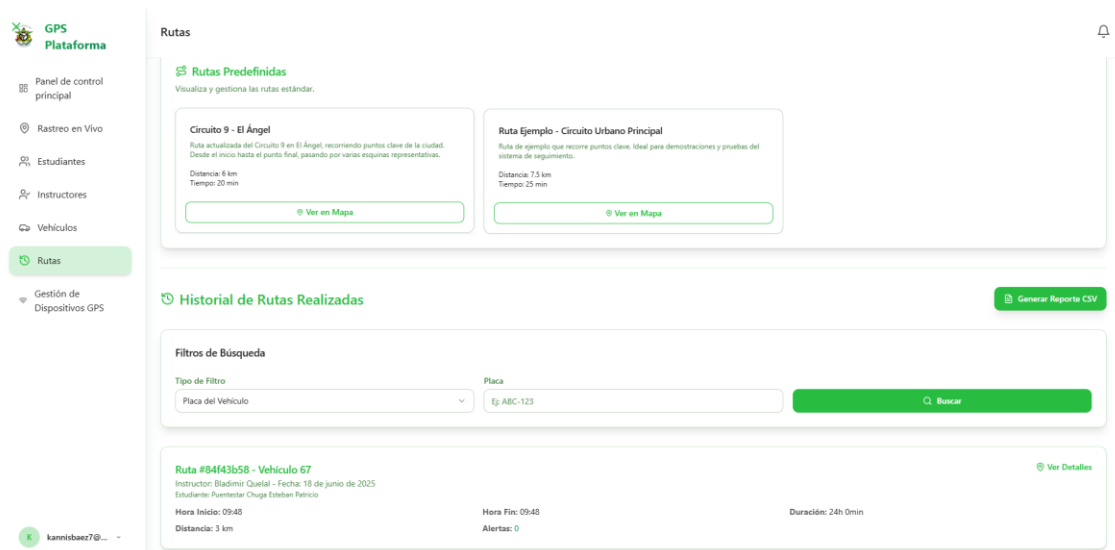
Pantalla de rutas predefinidas



Asimismo, se incluye la opción de generar reportes en formato CSV, lo que permite exportar la información consultada para su análisis externo, almacenamiento institucional o evaluación pedagógica como se muestra en la figura 32. Esta herramienta es de gran utilidad para realizar auditorías internas, verificar el cumplimiento de las rutas planificadas y optimizar la supervisión del proceso formativo dentro de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo.

Figura 32

Pantalla de generador de reportes



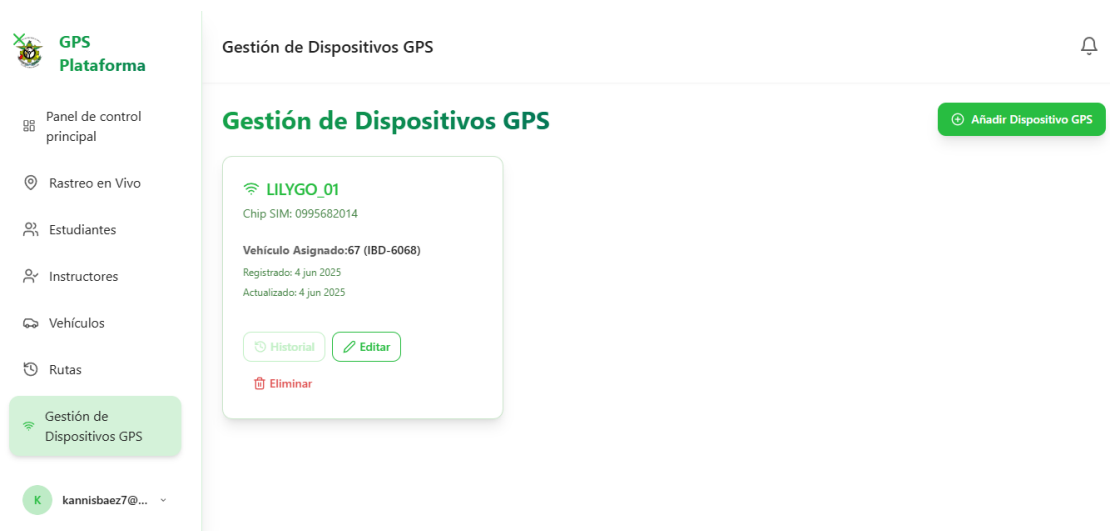
3.2.8 Interfaz Gestión de dispositivos GPS

La Figura 33 muestra la interfaz correspondiente al módulo de Gestión de Dispositivos GPS, funcionalidad clave dentro de la plataforma web que permite al administrador registrar, visualizar, editar o eliminar los dispositivos GPS instalados en los vehículos de práctica. Este módulo facilita el control centralizado del hardware involucrado en el seguimiento vehicular, permitiendo mantener actualizada la relación entre cada chip GPS y el vehículo al que está asignado.

Cada tarjeta individual dentro de esta sección presenta información relevante como el nombre del dispositivo (en este caso, LILYGO_01), el número de chip SIM, el vehículo al que está vinculado (por ejemplo, Vehículo Asignado: 67 – IBD-6068), así como la fecha de registro y la última actualización del dispositivo en el sistema. Además, incorpora botones de acceso rápido para consultar el historial de recorridos del dispositivo, editar sus parámetros o eliminarlo definitivamente del sistema si ha dejado de estar operativo.

Figura 33

Pantalla gestión de dispositivos GPS

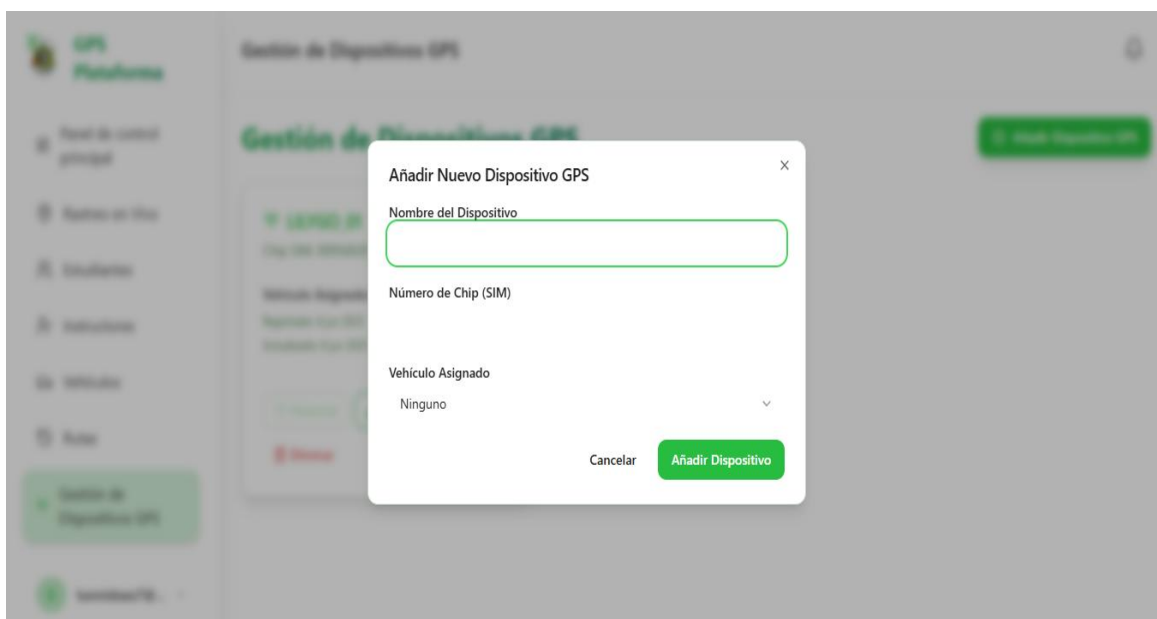


En la parte superior derecha, se dispone de un botón de acción rápida denominado “Añadir Dispositivo GPS” como se observa en la figura 34, el cual permite ingresar nuevos dispositivos al sistema de forma ágil mediante un formulario de registro.

Este módulo representa una funcionalidad crítica para garantizar la trazabilidad, supervisión técnica y mantenimiento del sistema GPS utilizado durante las prácticas de conducción. Su implementación contribuye directamente a la organización operativa del sistema de monitoreo y al aseguramiento de que cada vehículo en circulación esté correctamente identificado y conectado al sistema de seguimiento en tiempo real.

Figura 34

Pantalla agregar nuevo dispositivo

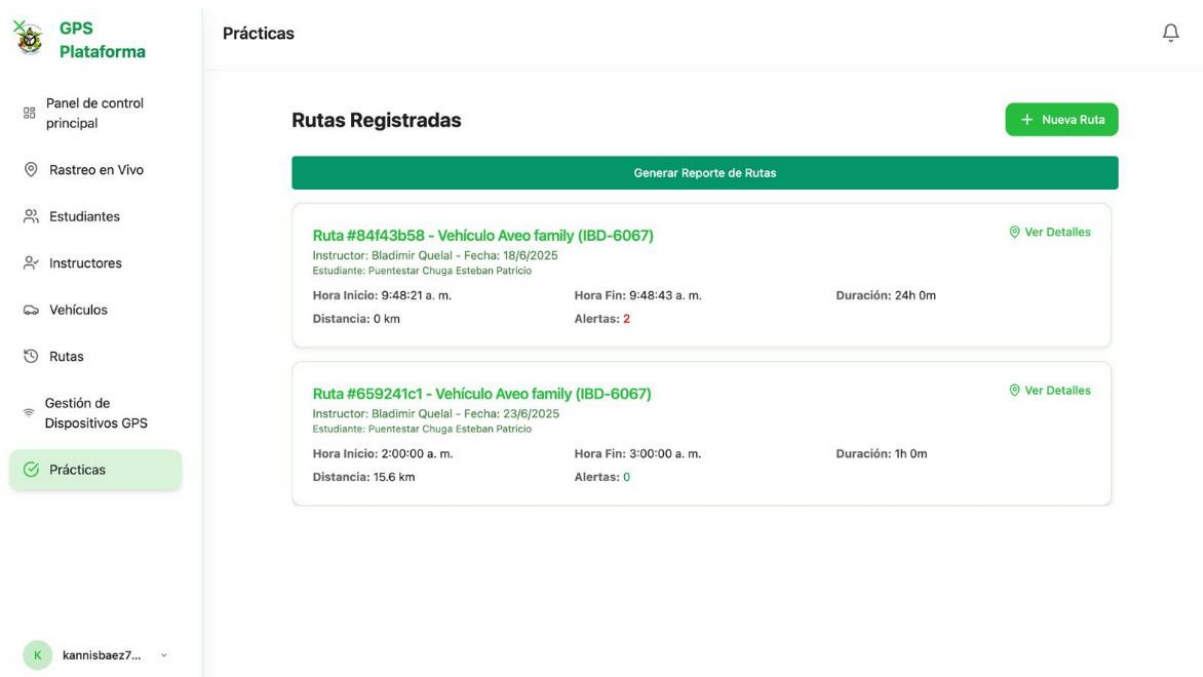


3.2.9 Interfaz prácticas

La Figura 35 muestra la interfaz del módulo de Gestión de Prácticas, una funcionalidad esencial dentro de la plataforma web, que permite al administrador revisar de forma organizada todas las rutas registradas durante las prácticas de conducción. En esta sección, se presenta un listado detallado de cada práctica realizada, incluyendo información como el identificador de la ruta, vehículo utilizado, nombre del instructor y estudiante participante, así como la fecha, hora de inicio, hora de finalización, duración total, distancia recorrida y cantidad de alertas generadas durante el recorrido

Figura 35

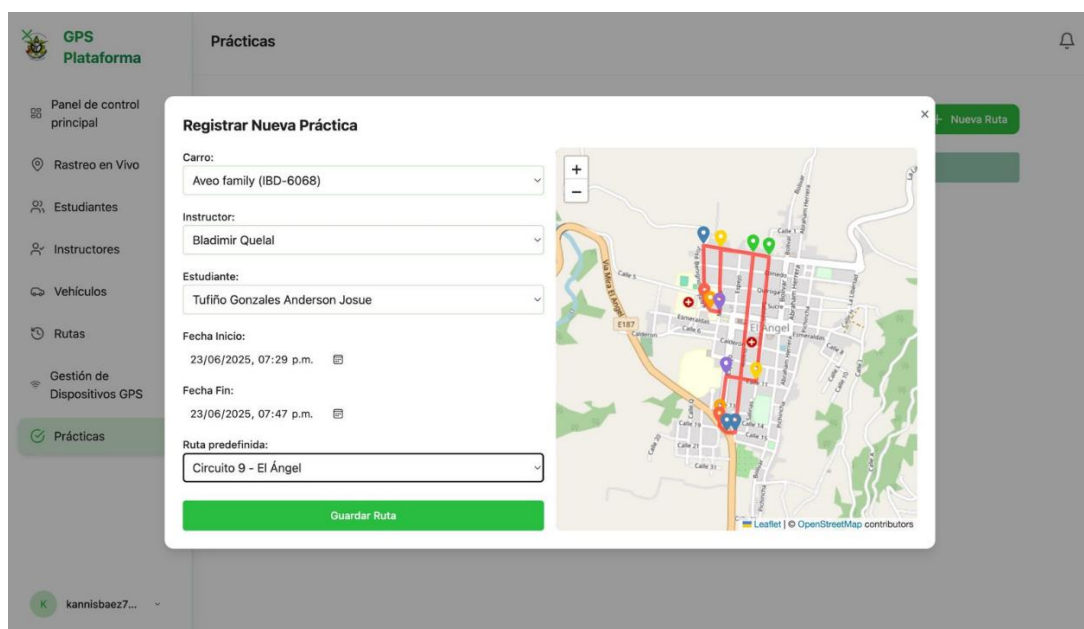
Pantalla gestión de prácticas



Además, se incorporan funciones clave como el botón “Ver Detalles” para acceder a la información ampliada de cada práctica y el botón “Generar Reporte de Rutas”, que facilita la exportación de datos históricos para análisis posteriores. También se dispone de la opción “Nueva Ruta” para iniciar manualmente una práctica en caso de requerirse como se puede observar en la figura 36. Esta interfaz contribuye al monitoreo eficiente y documentado del proceso formativo, permitiendo al personal administrativo tomar decisiones informadas con base en el desempeño y la seguridad de las sesiones de práctica en tiempo real.

Figura 36

Pantalla nueva ruta



3.2.10 Interfaz configuración del sistema

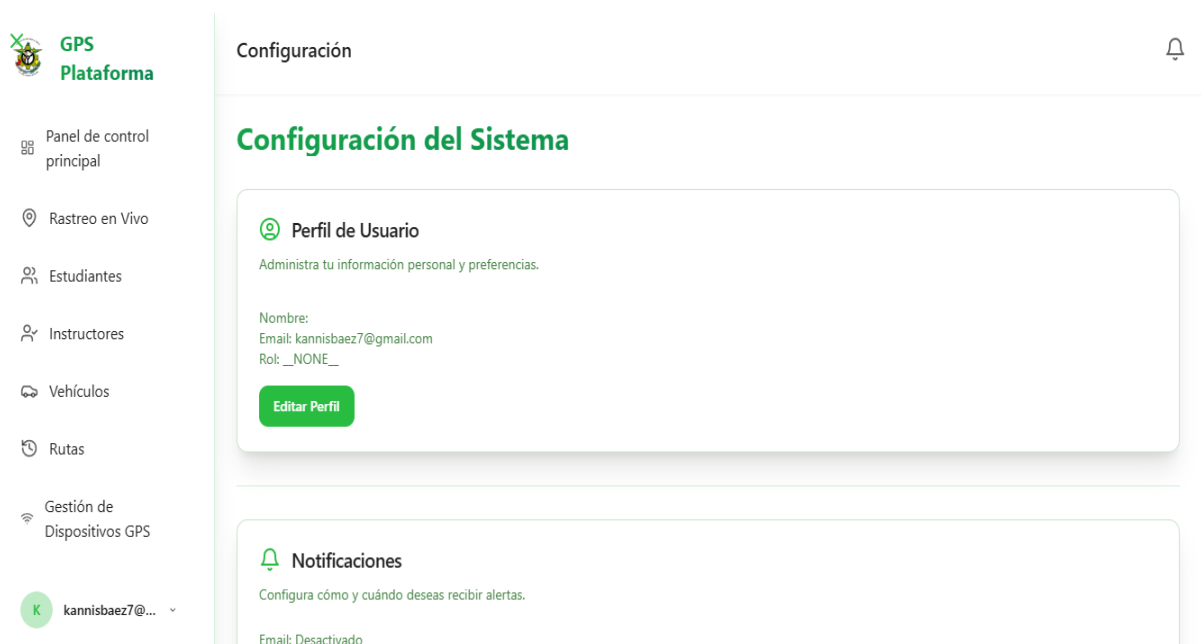
La Figura 37 presenta la interfaz de Configuración del Sistema, un módulo que permite al administrador personalizar su experiencia de usuario dentro de la plataforma de monitoreo vehicular. Este apartado concentra opciones relacionadas con la gestión del perfil, la modificación de credenciales de acceso y la configuración de las notificaciones del sistema. En la parte superior de la pantalla se encuentra la sección de Perfil de Usuario, donde se muestra el nombre del administrador, su dirección de correo electrónico y el rol asignado dentro del sistema. A través del botón “Editar Perfil”, es posible modificar estos datos, incluyendo el cambio de contraseña de acceso para reforzar la seguridad de la cuenta.

La sección de Notificaciones se encuentra ubicada en la parte inferior, permitiendo al usuario configurar las condiciones para recibir alertas del sistema. Estas notificaciones pueden estar relacionadas con desvíos de ruta, detenciones inusuales u otros eventos críticos que ocurran durante las prácticas de conducción. El usuario puede activar o desactivar las notificaciones, esta función permite gestionar los avisos según las necesidades del momento. Por ejemplo, se recomienda desactivar las notificaciones cuando el vehículo no se encuentra realizando una práctica, ya que de lo contrario el sistema podría generar alertas de “salida de ruta” al detectar movimientos fuera de los recorridos asignados, lo cual no representaría un

incidente real. Esta opción optimiza el uso del sistema y evita falsas alarmas durante traslados no supervisados o en horarios fuera de práctica. Este módulo proporciona una capa adicional de personalización y control, asegurando que cada administrador pueda adaptar la plataforma a sus necesidades operativas. Asimismo, fortalece la gestión de la seguridad digital al ofrecer opciones claras para la actualización de credenciales y la administración de alertas, aspectos fundamentales en un sistema basado en monitoreo en tiempo real.

Figura 37

Pantalla configuración del sistema



3.2.11 Notificaciones de salida de ruta

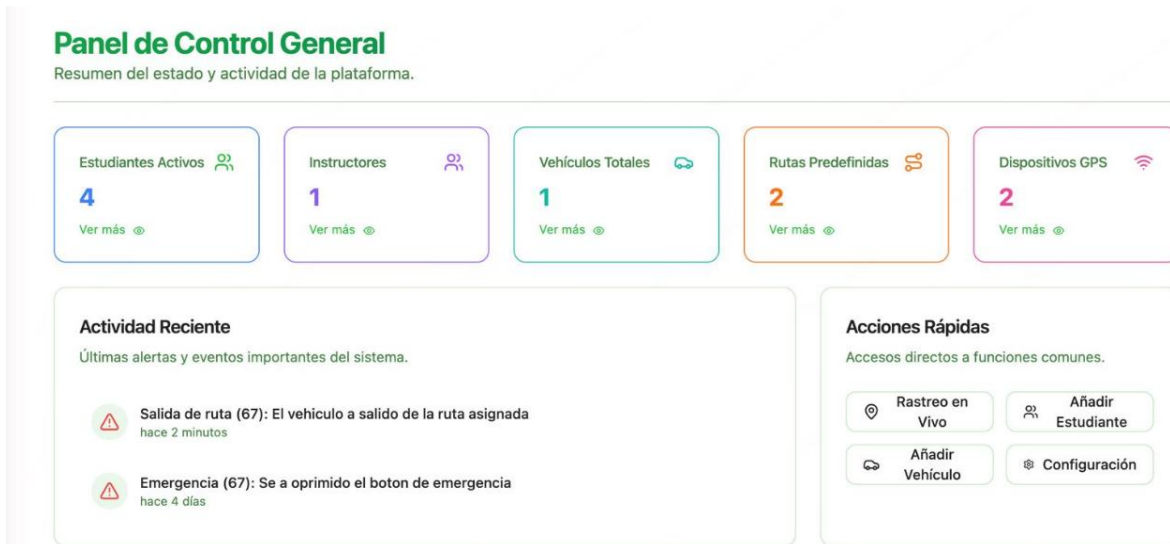
Las notificaciones por salida de ruta representan uno de los mecanismos fundamentales de seguridad dentro del sistema de monitoreo GPS, ya que permiten al administrador detectar en tiempo real si un vehículo de práctica ha abandonado el recorrido establecido. Estas alertas se muestran automáticamente en tres secciones clave de la plataforma web, garantizando visibilidad inmediata y facilitando la toma de decisiones oportuna ante cualquier desviación.

Una de las secciones clave donde se presentan las notificaciones de salida de ruta es el panel de control principal como se evidencia en la figura 38. En esta vista general, el sistema despliega alertas recientes que informan al administrador si un vehículo ha salido del

trayecto asignado o si se ha presionado el botón de emergencia. Estas notificaciones aparecen de forma inmediata y visible, permitiendo actuar con rapidez ante situaciones inesperadas.

Figura 38

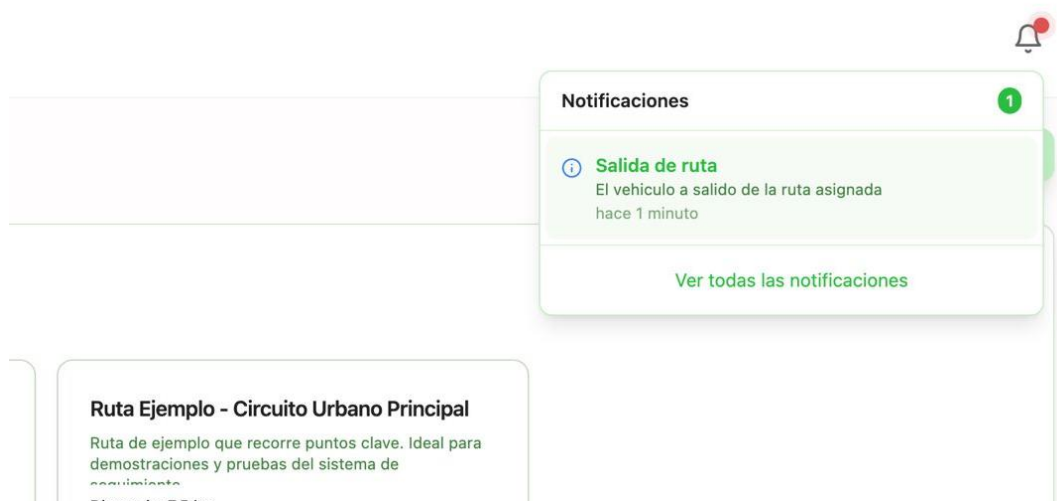
Notificaciones en pantalla de panel de control



Otra de las secciones clave donde se visualizan las notificaciones por salida de ruta corresponde al panel desplegable de alertas accesible desde el ícono de campana ubicado en la esquina superior derecha de la plataforma tal como se observa en la figura 39. Al interactuar con este elemento, el sistema muestra un resumen emergente con las notificaciones más recientes, permitiendo al administrador mantenerse informado en tiempo real desde cualquier módulo activo. Esta funcionalidad facilita una supervisión continua del estado de las rutas asignadas, asegurando una respuesta oportuna ante posibles desviaciones o situaciones imprevistas durante las prácticas de conducción.

Figura 39

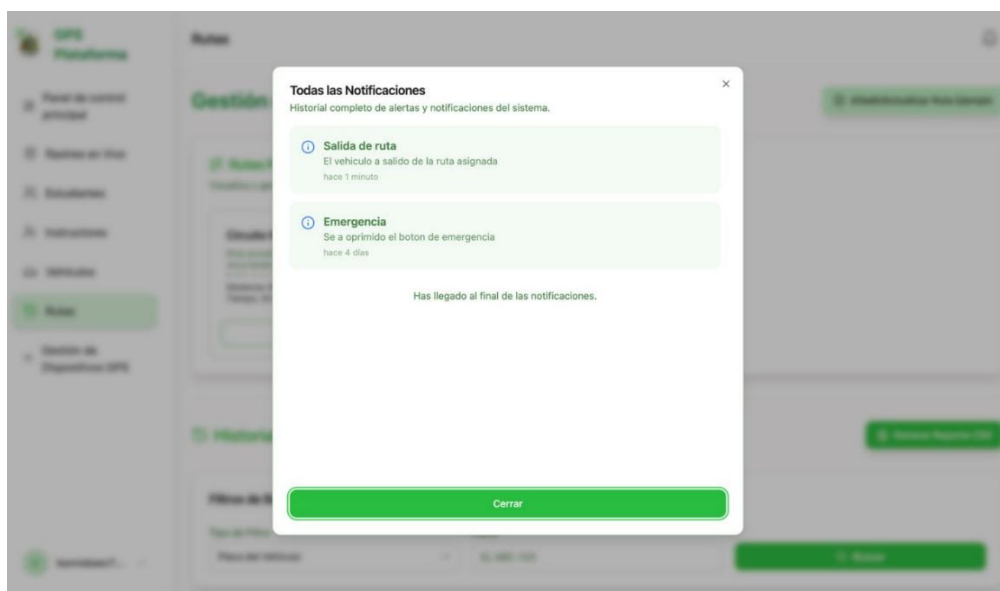
Notificaciones en icono de campana



Finalmente, cuenta con una vista ampliada de notificaciones por salida de ruta conforme se muestra en la figura 40. Esta opción despliega una ventana completa en la que se listan de manera cronológica y detallada todas las notificaciones registradas en la plataforma. Esta funcionalidad resulta especialmente útil para realizar un seguimiento histórico de los eventos críticos ocurridos durante las prácticas, permitiendo al administrador revisar con mayor profundidad el comportamiento de los vehículos, identificar patrones de desvío y fortalecer el control operativo de la flota asignada.

Figura 40

Notificaciones en icono de campana



3.3 Pruebas del prototipo

Durante esta fase, se llevaron a cabo pruebas funcionales y de validación en campo para comprobar el correcto desempeño del prototipo de rastreo GPS con botón de emergencia, desarrollado para los vehículos de práctica de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Estas pruebas incluyeron la evaluación del encendido del dispositivo, la obtención y transmisión de coordenadas mediante conexión WiFi y red móvil (4G), así como la respuesta del sistema ante eventos como la activación del botón de emergencia o la pérdida de señal. Cada prueba fue realizada manualmente en condiciones reales para garantizar que el prototipo cumpliera con los requisitos de funcionamiento definidos en el diseño. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Prueba 1: Encendido del prototipo

El prototipo GPS debe encenderse correctamente y ejecutar el código sin interrupciones, asegurando que los módulos de comunicación, localización y emergencia inicien de forma estable. Esta prueba busca validar que, al energizar el dispositivo, todos los componentes del sistema incluido el módulo ESP32 con SIM7000G se inicialicen

correctamente, permitiendo el funcionamiento continuo del ciclo principal del programa sin bloqueos o errores visibles en el monitor serial.

Tabla 13

Pruebas de encendido de prototipo

Escenario de prueba					
N°	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Funcional (manual)	Encendido del prototipo	Encender manualmente el dispositivo	Encendido correcto y ejecución continua sin errores	Encendido correcto y ejecución continua sin errores

Durante esta prueba de tipo funcional manual, El prototipo se encendió sin fallas, todos los módulos integrados iniciaron su funcionamiento correctamente. El monitor serial mostró la ejecución del código sin errores, indicando la correcta inicialización de los periféricos y el establecimiento del bucle principal. Esta prueba confirma que el encendido del dispositivo es estable y confiable, cumpliendo con los requerimientos establecidos para la operación del sistema de monitoreo vehicular.

Prueba 2: Captura de coordenadas

Esta prueba funcional de tipo manual tiene como finalidad verificar que el módulo GPS incorporado en el dispositivo ESP32 y SIM7000G sea capaz de obtener coordenadas geográficas válidas durante el encendido y funcionamiento continuo del prototipo. El sistema debe capturar latitud y longitud de forma periódica, según el intervalo de tiempo programado, y mantener la precisión incluso en movimiento o en condiciones variables de señal.

Tabla 14

Pruebas de captura de coordenadas

Escenario de prueba					
N°	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido

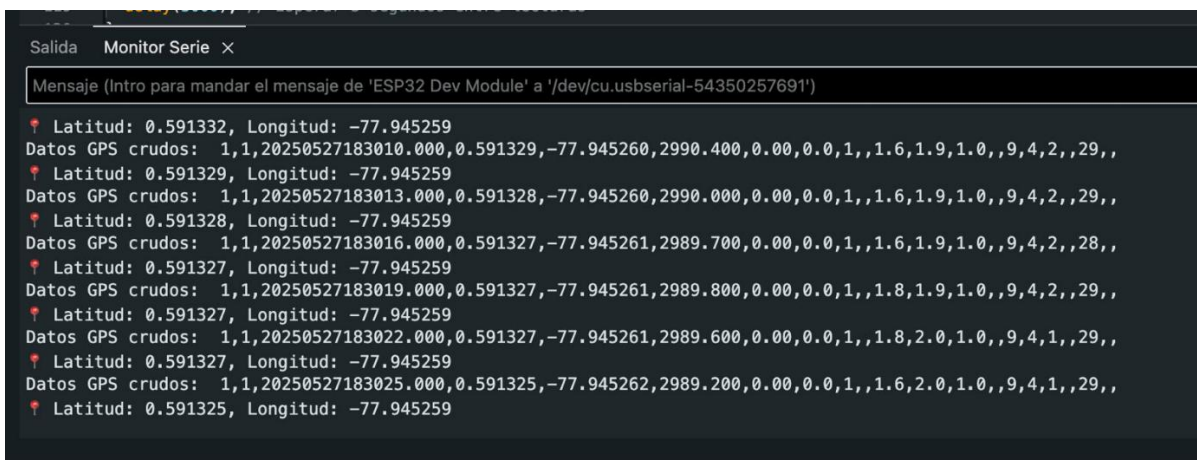
2	Funcional (manual)	Capturas de coordenadas	Observar si el dispositivo obtiene coordenadas GPS durante su funcionamiento.	Coordenadas válidas obtenidas periódicamente según lo programado.	Coordenadas válidas obtenidas periódicamente según lo programado.
---	--------------------	-------------------------	---	---	---

Al poner en funcionamiento el prototipo, se verificó que el módulo GPS logró obtener datos de latitud y longitud con éxito. Las coordenadas aparecieron en el monitor serial en intervalos regulares como muestra la Figura 41, mostrando cambios conforme se modificaba la posición del dispositivo. Esto demuestra que el módulo de localización opera correctamente y cumple su función principal en el sistema de monitoreo vehicular.

Asimismo, el módulo GPS presentó un margen de error promedio de entre 2 y 3 metros en condiciones de señal óptima, y de hasta 5 metros en zonas con interferencias o poca cobertura satelital, como túneles o áreas con edificaciones altas. Este nivel de precisión resulta adecuado para el monitoreo de rutas establecidas, permitiendo detectar con exactitud la ubicación del vehículo y posibles desviaciones del recorrido planificado.

Figura 41

Pantalla de captura de coordenadas en icono de campana



Prueba 3: Conexión Wifi

La presente prueba funcional, ejecutada de forma manual, evaluó el comportamiento del prototipo GPS al conectarse a una red WiFi disponible. El objetivo fue verificar si el

dispositivo, una vez encendido, podía establecer una conexión estable con la red inalámbrica configurada y enviar datos GPS a la base de datos alojada en Supabase.

Tabla 15

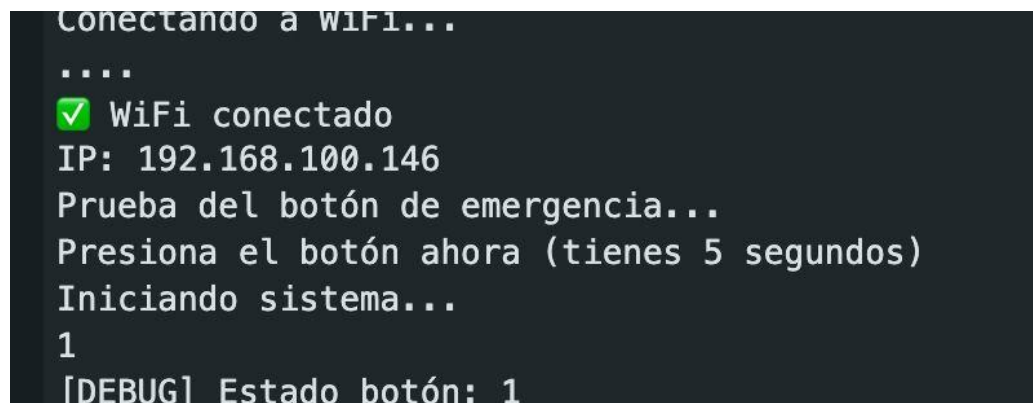
Pruebas de conexión wifi

Escenario de prueba					
Nº	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
3	Funcional (manual)	Conexión WiFi	Conectar el prototipo a una red WiFi disponible y verificar el envío de datos a la base remota.	Datos enviados correctamente a Supabase vía WiFi.	Transmisión estable y continua de datos vía red WiFi.

Durante la ejecución de esta prueba, el prototipo se conectó sin dificultades a la red inalámbrica configurada como muestra la figura 42. Se validó el envío de datos en tiempo real, los cuales fueron correctamente almacenados en la base de datos. Esta prueba demuestra la capacidad del dispositivo para operar de forma efectiva en entornos con conectividad WiFi disponible.

Figura 42

Pantalla de conexión wifi



Prueba 4: Conexión 4G

En esta prueba funcional de tipo manual, se evaluó el rendimiento del prototipo GPS cuando la red WiFi no está disponible, lo que obliga al dispositivo a utilizar la conectividad móvil a través del módulo SIM7000G. El objetivo fue validar que el sistema pudiera alternar automáticamente a la red 4G y mantener la transmisión de datos GPS hacia Supabase. Para ello, se desconectó la red WiFi y se reinició el dispositivo con una tarjeta SIM activa insertada.

Tabla 16

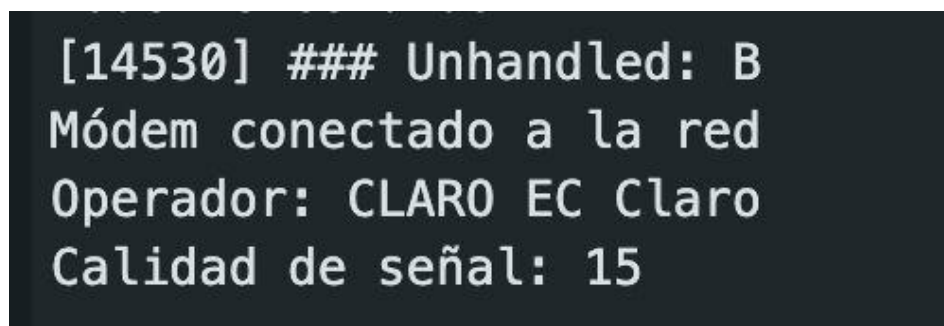
Pruebas de conexión 4G

Escenario de prueba					
Nº	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción	Resultado esperado	Resultado obtenido
4	Funcional (manual)	Conexión 4G (SIM7000G)	Retirar conexión WiFi y verificar si el prototipo utiliza red celular 4G para transmitir datos.	Envío exitoso de datos por red móvil (4G) en ausencia de WiFi.	Conexión 4G establecida y transmisión correcta de datos GPS.

El prototipo logró conectarse a la red 4G sin inconvenientes como se observa en la figura 43, y la transmisión de datos fue continua y sin pérdidas perceptibles. Esto garantiza que el sistema puede operar en condiciones de movilidad o en zonas donde no hay cobertura WiFi, cumpliendo con su función de rastreo vehicular en todo momento.

Figura 43

Pantalla de conexión 4G



Prueba 5: Botón de emergencia

Esta es una prueba funcional de tipo manual, cuyo objetivo fue verificar la correcta activación del modo de emergencia a través del botón físico integrado en el prototipo GPS. Esta funcionalidad es crítica para garantizar la seguridad durante las prácticas de conducción, permitiendo que un usuario active una señal de alerta en situaciones de riesgo.

Tabla 17

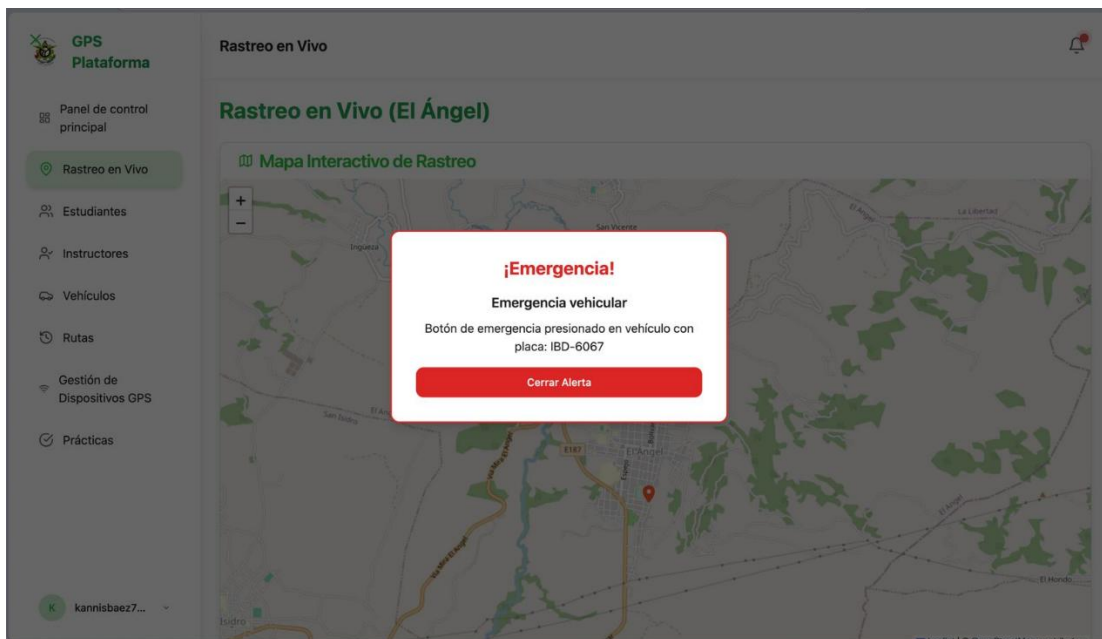
Pruebas de botón de emergencia

N°	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción de la prueba manual	Resultado esperado	Resultado obtenido
5	Funcional (manual)	Botón de emergencia	Presionar el botón y revisar en la base de datos si se activa la alerta de emergencia.	Estado de emergencia registrado y transmitido con éxito.	Alerta de emergencia activada correctamente y visible en Supabase.

En la Figura 44 se muestra la respuesta visual o el indicador que aparece al presionar el botón de emergencia en el prototipo GPS, evidenciando la correcta activación de esta función crítica. Esta representación complementa la Tabla 17, donde se detalla el proceso y resultado de la prueba manual realizada para validar dicha funcionalidad.

Figura 44

Pantalla de captura de acción del botón



Prueba 6: Envío de datos GPS

Esta prueba corresponde a una validación en campo, cuyo propósito fue verificar el funcionamiento del prototipo GPS en un entorno real, es decir, instalado en uno de los vehículos de práctica de la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. Durante el recorrido de prueba, se monitoreó la capacidad del dispositivo para adquirir coordenadas de forma continua y enviarlas a la base de datos en la nube a través de la red disponible (WiFi o 4G). El sistema debía mantener una transmisión estable y registrar en tiempo real los puntos del trayecto, reflejando la ubicación exacta en la plataforma web.

Tabla 18

Pruebas de envío de datos GPS

Nº	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción de la prueba manual	Resultado esperado	Resultado obtenido
6	Validación en campo	Envío de datos GPS	Instalar el prototipo en un	Ubicación transmitida	Ubicación reflejada en la

vehículo y	en tiempo	plataforma web
conducir una ruta	real durante	con
de prueba,	el recorrido.	actualización
monitoreando la		estable.
ubicación.		

Durante la conducción, el prototipo transmitió correctamente las coordenadas a intervalos regulares. La plataforma web mostró los puntos en el mapa en tiempo real sin interrupciones notables. Esto confirma que el sistema es funcional en condiciones reales y cumple con el objetivo de monitoreo constante de los vehículos.

Prueba 7: Manejo de desconexiones

Esta prueba de tipo funcional específicamente enfocada en resiliencia evaluó la capacidad del prototipo GPS para enfrentar interrupciones en la conectividad WiFi. Se simuló una pérdida de señal durante el funcionamiento normal del dispositivo para comprobar si este era capaz de detectar la desconexión y reintentar automáticamente el envío de datos una vez restablecida la red. Esta funcionalidad es crucial para asegurar que la información no se pierda ante eventos imprevistos y que el monitoreo continúe sin necesidad de intervención manual.

Tabla 19

Pruebas de manejo de desconexiones

N°	Tipo de prueba	Componente evaluado	Descripción de la prueba manual	Resultado esperado	Resultado obtenido
7	Resiliencia (manual)	Manejo de desconexiones	Simular pérdida de señal WiFi y 4G durante la transmisión y observar si el prototipo se reconecta automáticamente.	Reconexión estable y reanudación del envío de datos una vez recuperada la señal.	El prototipo detectó la pérdida de red y se reconectó automáticamente, reanudando el envío.

El prototipo mostró un comportamiento robusto frente a la desconexión de WiFi y 4G: al perder la señal, entró en modo de espera y, al restablecerse la red, reanudó la transmisión sin necesidad de reinicio manual como se observa en la figura 45. Esta capacidad de resiliencia garantiza una operación confiable en entornos con conectividad inestable.

Figura 45

Pantalla de captura de desconexión de señal



3.4 Pruebas del sistema

Con el objetivo de garantizar la funcionalidad, seguridad y estabilidad del sistema web desarrollado para el monitoreo de vehículos de práctica, se realizaron pruebas funcionales, de integración y de seguridad en cada uno de los módulos clave. Estas pruebas fueron diseñadas para validar que la plataforma cumpliera con los requisitos funcionales y no funcionales definidos durante la etapa de análisis, y que respondiera correctamente ante los distintos escenarios de uso previstos.

Durante esta fase, se emplearon herramientas como React Testing Library, Jest y los servicios en tiempo real de Supabase, lo que permitió simular acciones de los usuarios, evaluar la interacción con el backend y verificar el correcto flujo de los datos desde el prototipo hacia la plataforma. La ejecución de estas pruebas permitió identificar y corregir

posibles errores, asegurando que el sistema proporcione una experiencia estable y confiable para el usuario administrador.

Prueba 1: Inicio de sesión

Esta prueba tiene como objetivo verificar que el sistema permita el acceso únicamente a usuarios con credenciales válidas como se muestra en la tabla 20, mostrando mensajes de error claros en los casos en que los datos ingresados sean incorrectos o estén incompletos. Se evaluó la validación de campos obligatorios, autenticación y redirección de vistas según el acceso otorgado.

Tabla 20

Pruebas de inicio de sesión

Escenario de prueba				
Nº	Correo electrónico	Contraseña	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	kannisbaez7@gmail.com	123456	Acceso exitoso y redirección al panel principal	Acceso exitoso y redirección al panel principal
2	(vacío)	123456	Alerta: campo de correo obligatorio	Alerta: campo de correo obligatorio
3	kannisbaez7@gmail.com	(vacío)	Alerta: campo de contraseña obligatorio	Alerta: campo de contraseña obligatorio
4	correo_incorrecto@gmail.com	123456	Alerta: usuario no registrado	Alerta: usuario no registrado
5	kannisbaez7@gmail.com	000000	Alerta: contraseña incorrecta	Alerta: contraseña incorrecta

En cada uno de los escenarios ejecutados para la funcionalidad de inicio de sesión, el sistema respondió conforme a lo esperado. Se verificó correctamente el acceso cuando las credenciales eran válidas y se generaron los mensajes de error adecuados en los casos de

datos incorrectos o campos vacíos. Esto confirma que el mecanismo de autenticación cumple con los criterios funcionales definidos y garantiza un control adecuado del acceso al sistema.

Prueba 2: Visualización en tiempo real

Esta prueba funcional busca verificar que el mapa interactivo dentro de la plataforma web muestre correctamente la ubicación de los vehículos de práctica en tiempo real, utilizando los datos almacenados en Supabase como muestra la tabla 21. El sistema debe consultar constantemente la base de datos y actualizar los marcadores de posición de los vehículos cada 5 segundos como máximo, mostrando la identificación del vehículo y su posición actual.

Tabla 21

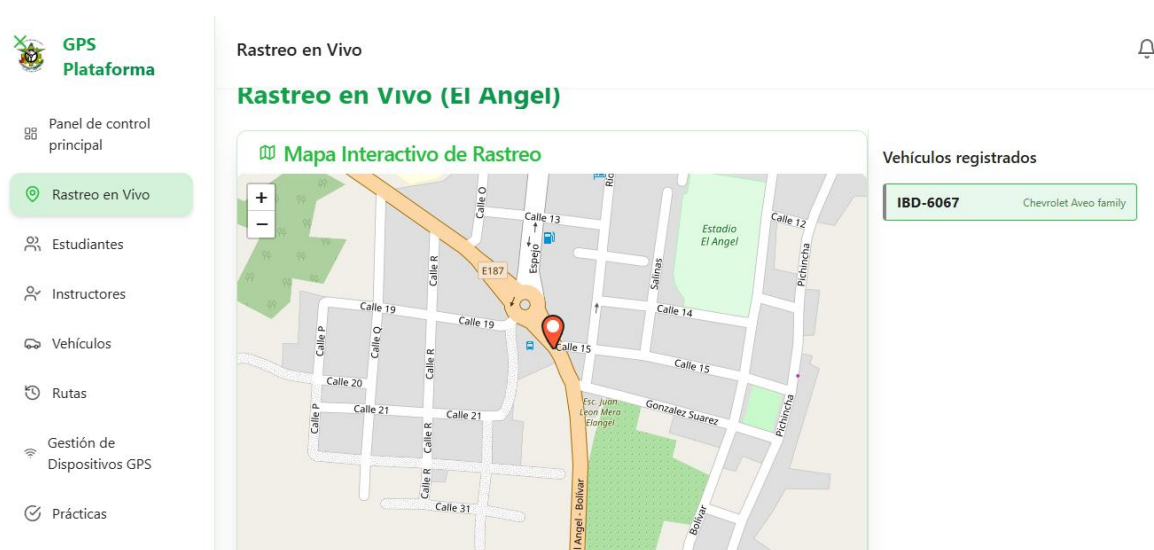
Pruebas de visualización en tiempo real

Escenario de prueba				
Nº	Condición del sistema web	Conexión a Supabase	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Usuario autenticado accede al módulo de rastreo	Estable	Mapa se carga correctamente y muestra ubicación en tiempo real	Mapa funcional, datos actualizados cada 5 segundos
2	Usuario autenticado con sesión prolongada abierta	Estable	Mapa sigue mostrando las posiciones en tiempo real	Función de actualización continua sin errores
3	Usuario autenticado accede, pero no hay vehículos activos	Estable	Mapa se carga sin marcadores	Mapa vacío, mensaje "sin vehículos activos" se muestra
4	Usuario sin autenticación intenta acceder	—	Redirección al login o bloqueo de acceso	Redirección automática a la vista de inicio de sesión

Durante la ejecución de esta prueba, se comprobó que el sistema recibe y representa correctamente los datos de ubicación enviados desde el prototipo como muestra la figura 46. En cada escenario de visualización se observó una actualización fluida y precisa de las posiciones en el mapa, lo cual valida el cumplimiento del comportamiento esperado. Se concluye que esta funcionalidad permite un rastreo efectivo en tiempo real, alineado con los objetivos del sistema de monitoreo vehicular.

Figura 46

Pantalla de prueba de visualización en tiempo real



Prueba 3: Gestión de usuarios

Esta prueba funcional tiene como objetivo validar que el módulo de gestión de usuarios de la plataforma permita realizar correctamente las operaciones de registro, edición y eliminación de cuentas de administradores como muestra la tabla 22. Asimismo, se busca verificar que los cambios realizados se reflejen en la base de datos alojada en Supabase y que las restricciones de acceso estén correctamente implementadas.

Tabla 22

Pruebas de gestión de usuarios

Escenario de prueba				
Nº	Acción realizada	Datos de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido

1	Registrar nuevo usuario	Correo: testadmin@gmail.com Contraseña: 123456	Usuario creado correctamente y almacenado en Supabase	Usuario registrado con éxito
2	Editar usuario existente	Cambiar contraseña a: 789101	Cambios reflejados en Supabase	Actualización realizada y verificada
3	Eliminar usuario registrado	testadmin@gmail.com	Usuario eliminado de la base de datos	Usuario eliminado correctamente
4	Crear usuario sin completar campos	Campos vacíos	El sistema bloquea el envío e informa el error	Se muestra advertencia: "Complete todos los campos"

Durante la ejecución de esta prueba, se verificó que las acciones de creación, modificación y eliminación de cuentas se realizaron de manera correcta, siendo reflejadas de forma inmediata en la base de datos gestionada por Supabase. En cada escenario evaluado, el sistema respondió conforme a lo esperado, permitiendo al administrador mantener un control eficiente sobre los usuarios registrados. Estos resultados respaldan el cumplimiento del objetivo funcional asociado a la administración segura de accesos.

Prueba 4: Generación de reportes

Esta prueba funcional se orienta a verificar que el sistema permita al administrador generar reportes históricos de los recorridos realizados por los vehículos de práctica, aplicando filtros por vehículo y rango de fechas como se muestra en la tabla 23. Además, se valida la precisión de los datos presentados y la funcionalidad para exportar dicha información exclusivamente en formato Excel.

Tabla 23

Pruebas de Generación de reportes

Escenario de prueba

N°	Acción realizada	Datos de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Generar reporte por vehículo	Vehículo: IBD-6068	El sistema muestra historial completo del vehículo seleccionado	Reporte mostrado correctamente
2	Filtrar reporte por rango de fechas	Del 01/06/2024 al 05/06/2024	Se muestra únicamente la información del rango seleccionado	Resultados precisos según filtro aplicado
3	Exportar reporte en formato Excel	Botón "Exportar Excel"	Se genera archivo .xlsx con los datos visibles	Archivo generado correctamente
4	Intentar generar reporte sin seleccionar parámetros	Sin vehículo o sin fechas	El sistema bloquea la acción y muestra advertencia	Se muestra mensaje: "Seleccione todos los campos para generar el reporte"
5	Generar reporte sin resultados	Vehículo: ABC-9999 (sin actividad) Fechas: 01/01/2023–05/01/2023	El sistema muestra mensaje: "No hay datos disponibles en el período seleccionado"	Mensaje mostrado correctamente, sin errores

En esta prueba se ejecutaron diversos escenarios de filtrado por fecha y por vehículo, comprobando que el sistema generara los reportes correctamente con los datos históricos almacenados en Supabase. Cada acción del usuario fue procesada de forma precisa y los reportes se presentaron con la información esperada, incluyendo detalles de recorrido, tiempo y ubicación. Esto demuestra que la funcionalidad cumple con los requisitos definidos, garantizando una trazabilidad efectiva de los registros vehiculares.

Prueba 5: Visualización de recorridos históricos

Esta prueba de integración tiene como objetivo verificar que el sistema permita visualizar correctamente, sobre un mapa interactivo, los recorridos pasados realizados por los vehículos de práctica como se observa en la tabla 24. La consulta puede realizarse por vehículo o por rango de fechas, y los datos deben coincidir con los registros enviados por el prototipo GPS y almacenados en Supabase.

Tabla 24

Pruebas de visualización de recorridos históricos

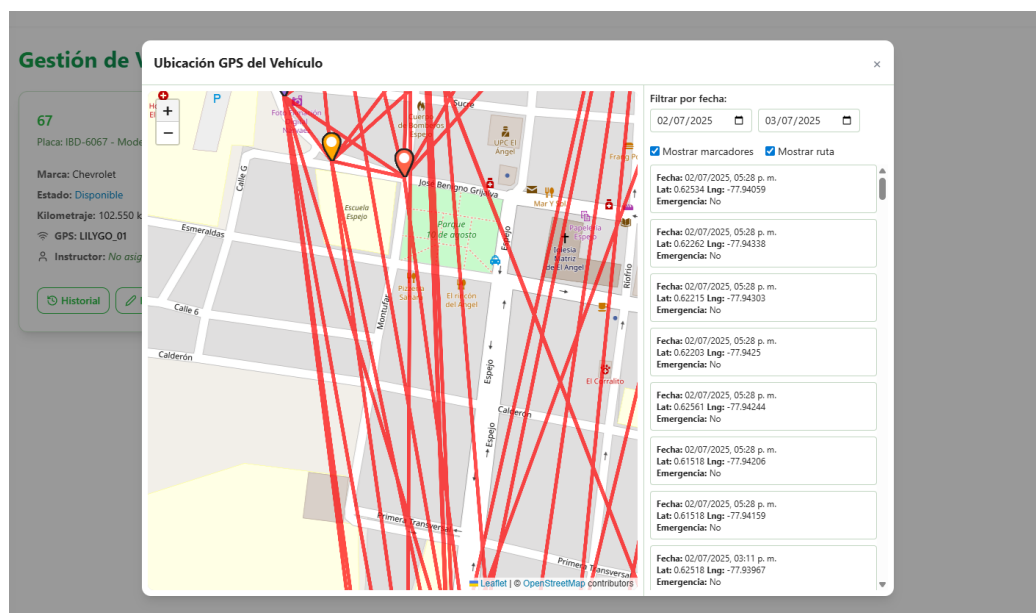
Escenario de prueba				
Nº	Acción realizada	Datos de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Buscar recorrido por vehículo	Vehículo: TCC-0422	El sistema muestra en el mapa los recorridos históricos de ese vehículo	Ruta visualizada correctamente en el mapa interactivo
2	Buscar recorrido por rango de fechas	Fecha: del 01/06/2024 al 08/06/2024	El mapa muestra todos los recorridos realizados en ese rango, sin filtrar vehículo	Múltiples trayectos mostrados correctamente
3	Consultar sin seleccionar filtros	Sin datos	El sistema solicita al usuario ingresar al menos un filtro (vehículo o fecha)	Mensaje de advertencia mostrado correctamente
4	Buscar recorrido inexistente	Vehículo: TCC-9999 (sin registros)	El sistema muestra: “No se encontraron registros para los filtros seleccionados”	Mensaje mostrado correctamente

5	Verificar correspondencia entre mapa y tabla de datos	Vehículo: TCC-0422	Los puntos del mapa deben coincidir con los datos listados	Correspondencia confirmada entre mapa y registros tabulados
---	---	--------------------	--	---

Durante la ejecución de esta prueba, se verificó que el sistema mostrara correctamente sobre el mapa interactivo las rutas recorridas por cada vehículo de práctica, según los filtros de fecha y unidad seleccionada como se muestra en la figura 47. En todos los escenarios, el historial se visualizó con precisión, trazando las coordenadas GPS almacenadas previamente y confirmando que los datos enviados desde el prototipo fueron almacenados y procesados de manera adecuada. Por tanto, esta funcionalidad cumple con el resultado esperado y fortalece el seguimiento formativo de los estudiantes conductores.

Figura 47

Pantalla de pruebas de visualización de recorridos históricos



Prueba 6: Control acceso (Seguridad)

Esta prueba tiene como objetivo verificar que únicamente los administradores con credenciales válidas puedan acceder a las funcionalidades del sistema web como se observa en la tabla 25. Además, se evalúa el comportamiento del sistema al intentar acceder a módulos sin haber iniciado sesión.

Tabla 25*Pruebas de control de acceso*

Escenario de prueba				
Nº	Acción realizada	Datos de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Intentar acceder al panel principal sin haber iniciado sesión	URL directa a /panel	El sistema redirecciona automáticamente a la pantalla de inicio de sesión	Redirección realizada correctamente
2	Iniciar sesión como administrador con credenciales válidas	Correo: kannisbaez7@gmail.com Contraseña: 123456	El sistema concede acceso al panel principal y módulos habilitados	Acceso concedido y redireccionamiento exitoso
3	Intentar iniciar sesión con una contraseña incorrecta	Correo: kannisbaez7@gmail.com Contraseña: incorrecta	El sistema muestra un mensaje de error por credenciales inválidas	Mensaje de error mostrado correctamente

4	Intentar acceder a rutas internas tras cerrar sesión	Navegación a /reportes, /panel sin sesión activa	El sistema redirige al login o muestra sesión expirada	Redirección al login realizada correctamente
----------	--	--	--	--

En esta prueba se simularon distintos escenarios de acceso, incluyendo intentos con credenciales inválidas, campos vacíos y usuarios no registrados. En todos los casos, el sistema respondió adecuadamente mostrando mensajes de error o denegando el acceso, mientras que las credenciales correctas permitieron ingresar a la plataforma sin inconvenientes. Estos resultados validan que el control de acceso se encuentra correctamente implementado, garantizando así la seguridad del sistema y el resguardo de la información sensible.

Prueba 7: Recepción de datos GPS

Esta prueba tiene como objetivo validar que la plataforma web reciba correctamente los datos de ubicación enviados desde el prototipo GPS (basado en ESP32 y SIM7000G), que los almacene en la base de datos y los muestre en tiempo real en el mapa interactivo del sistema como muestra la tabla 26.

Tabla 26

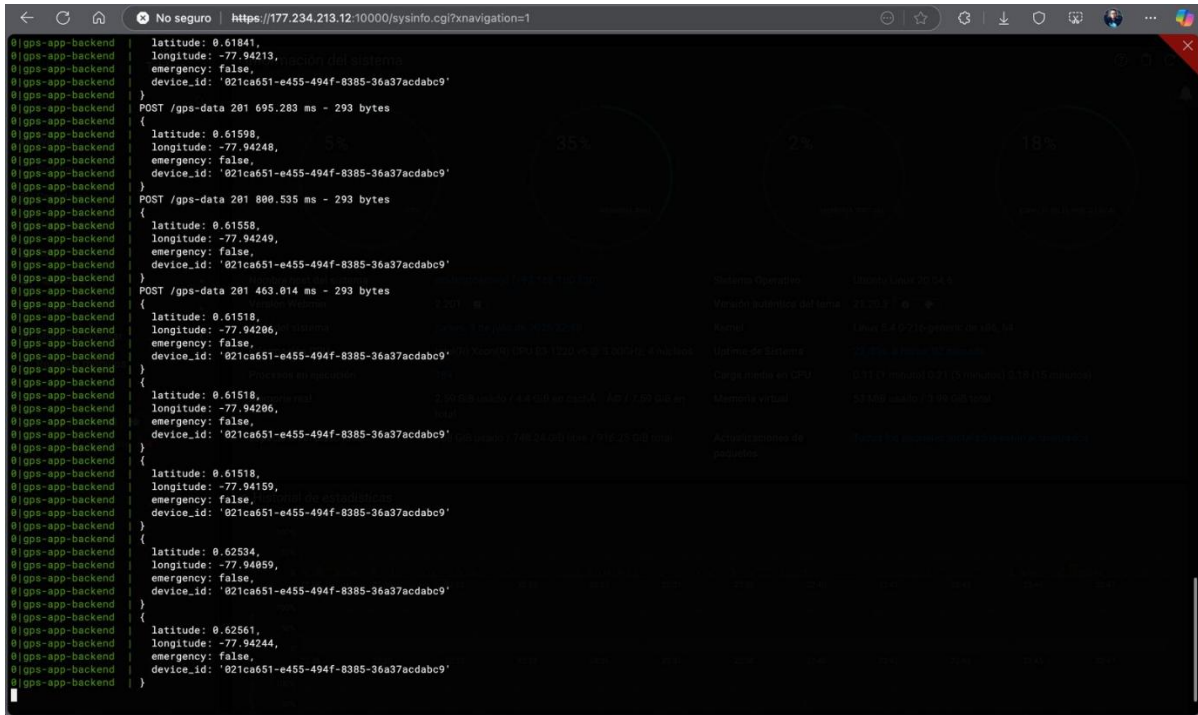
Pruebas de recepción de datos GPS

Escenario de prueba				
Nº	Acción realizada	Datos de prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	Encender el prototipo con señal GPS y conexión de red estable	Dispositivo GPS activo	El sistema web recibe las coordenadas, las almacena y las muestra en el mapa	Coordenadas recibidas, registradas y visualizadas correctamente

2	Enviar múltiples paquetes de datos desde el prototipo en intervalos de 5 seg.	Latitud y longitud válidas	El sistema actualiza automáticamente el mapa con la nueva ubicación	Mapa actualizado cada 5 segundos sin pérdida de paquetes
3	Simular pérdida temporal de conexión en el prototipo	Desconexión de red por 30 segundos	El sistema detiene la actualización, sin errores, y reanuda al restablecer señal	Actualización pausada correctamente y retomada sin pérdida de información
4	Validar almacenamiento de datos en base PostgreSQL mediante Supabase	Revisión de tabla ubicaciones	Los datos deben estar almacenados con marca de tiempo y ID de vehículo	Datos correctamente almacenados con timestamp y referencias correspondientes

Durante la ejecución de esta prueba, se verificó que cada dato enviado desde el prototipo GPS fuera recibido por el sistema sin pérdidas ni demoras notables como se muestra en la figura 48. Los registros fueron almacenados en la base de datos de Supabase y aparecieron reflejados de forma inmediata en el módulo de rastreo en vivo. En consecuencia, se confirma que la integración entre el prototipo y la plataforma funciona correctamente, y que el sistema cumple con los requisitos de actualización continua y almacenamiento confiable de los datos de geolocalización.

Figura 48
Pantalla de recepción de datos GPS



```
← No seguro https://177.234.213.12:10000/sysinfo.cgi?xnavigation=1
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61841,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94213,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | POST /gps-data 201 695.283 ms - 293 bytes
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61598,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94248,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | POST /gps-data 201 800.535 ms - 293 bytes
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61558,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94249,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | POST /gps-data 201 463.014 ms - 293 bytes
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61518,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94206,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61518,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94286,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.61518,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94159,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.62534,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94859,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
0 | gps-app-backend | {
0 | gps-app-backend | latitude: 0.62561,
0 | gps-app-backend | longitude: -77.94244,
0 | gps-app-backend | emergency: false,
0 | gps-app-backend | device_id: '021ca651-e455-494f-8385-36a37acdabc9'
0 | gps-app-backend | }
```

CONCLUSIONES

A partir del desarrollo e implementación del prototipo de seguridad y seguimiento en rutas con GPS para las prácticas de conducción en la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, se lograron resultados importantes que permitieron evidenciar el cumplimiento de los objetivos propuestos. El análisis inicial permitió identificar las necesidades reales de la institución en cuanto al monitoreo de vehículos de práctica, especialmente en temas relacionados con la seguridad, trazabilidad de rutas y control administrativo. Esta información fue fundamental para establecer los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

Se logró establecer que el dispositivo es capaz de captar coordenadas cada segundo en condiciones óptimas de señal, y cada 10 segundos en escenarios de conectividad limitada, lo cual garantiza una cobertura aceptable para el monitoreo en tiempo real. Además, se comprobó que el botón de emergencia responde con un tiempo de activación inmediato, registrando el evento de alerta en la base de datos en menos de dos segundos tras su activación.

La integración entre el prototipo físico y la plataforma web se consolidó como una solución efectiva y funcional, permitiendo mejorar significativamente el monitoreo vehicular en las prácticas de conducción. Esta propuesta tecnológica responde a las necesidades identificadas por la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo, aportando a la seguridad, trazabilidad y control de las rutas establecidas.

Se ejecutaron un total de siete pruebas funcionales, de campo y de resiliencia aplicadas al prototipo, todas con resultados exitosos. Esto confirmó la correcta operación de los módulos de localización, comunicación y emergencia, así como la estabilidad del sistema ante pérdidas temporales de conexión, validando su utilidad en contextos reales de conducción.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo vehicular con GPS, se recomienda a la Escuela de Capacitación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo considerar la implementación progresiva de este prototipo en todos los vehículos utilizados para las prácticas de conducción. Su aplicación contribuiría significativamente a mejorar el control, la seguridad y el seguimiento de las actividades realizadas por los estudiantes e instructores.

Establecer políticas claras para la atención de emergencias durante las prácticas de conducción, definiendo protocolos de actuación, roles del personal y canales oficiales de comunicación. Estas medidas deben aprovechar el botón de emergencia del prototipo y las notificaciones automáticas de la plataforma, garantizando una respuesta rápida y coordinada con los servicios de asistencia o autoridades competentes.

La institución debería implementar un procedimiento interno de monitoreo y mantenimiento periódico del prototipo, con el fin de asegurar su funcionamiento óptimo en el tiempo y prevenir posibles fallas técnicas.

Implementar en la plataforma la carga automática de rutas en formatos estándar como KMZ o KML, permitiendo importar recorridos predefinidos de forma rápida y precisa. Esta funcionalidad optimiza la planificación, reduce errores manuales y facilita la gestión de rutas para instructores y administradores.

Se plantea el escalamiento del sistema hacia otras instituciones de formación profesional en conducción, adaptando su diseño a contextos similares y promoviendo el uso de soluciones tecnológicas que fortalezcan la seguridad y el control en procesos educativos de carácter práctico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Tránsito [ANT]. (2020). Conducción profesional. Quito, Ecuador.
- Agencia Nacional de Tránsito [ANT]. (2023). Escuelas de conducción. Quito, Ecuador.
- Agencia Nacional de Tránsito [ANT]. (2023). Resolución Nro. 010-DIR-2022-ANT: Reglamento de Escuelas de Formación de Conductores Profesionales. Quito, Ecuador.
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Hashem, I. A. T., Khan, I., Ahmed, A. I. A., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2016). The role of big data analytics in Internet of Things. *Computer Networks*, 129, 459–471.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of Things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1), 49–69.
- Chen, C., Ma, J., Susilo, Y. O., Liu, Y., & Wang, M. (2019). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 105, 197–209.
- Cheng, L., Ma, J., & Wu, X. (2019). Intelligent driver behavior monitoring system based on vehicle dynamics and big data. *IEEE Access*, 7, 174586–174597. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2957143>
- Gadade, B., Mulani, A. O., & Harale, A. D. (2024). IoT-Based Smart School Bus and Student Tracking System. *Naturalista Campano*, 28(1), 730–737.
- García, A., Ruiz, L., & González, F. (2020). Implementación de un sistema de gestión de flotas basado en IoT para el monitoreo en tiempo real. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(3), 120–127.

- GeeksforGeeks. (2025). Architecture of Internet of Things (IoT). <https://www.geeksforgeeks.org/architecture-of-internet-of-things-iot/>
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-211-73017-1>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). Estadísticas de transporte y movilidad 2022. Quito, Ecuador.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications (3rd ed.). Artech House.
- Light, R. (2017). Mosquitto: Server and client implementation of the MQTT protocol. *Journal of Open Source Software*, 2(13), 265.
- Lin, Y., Wang, P., & Ma, M. (2021). Intelligent Transportation System (ITS): Concept, challenge and opportunity. *International Conference on Big Data Security on Cloud*, 167–172.
- Mallidi, S. K. R., & Vineela, V. V. (2018). IOT Based Smart Vehicle Monitoring System. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9(2), 738–741. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i2.5870>
- Marwedel, P. (2018). *Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59657-1>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516.
- NASA. (2023). Global Positioning System (GPS) Program. <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/gps/>

- Piedra, N., & Suárez, J. (2018). Hacia la interoperabilidad semántica para el manejo inteligente y sostenible de territorios de alta biodiversidad usando SmartLand-LD. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 26(3), 104–121.
- Santos, M. F., Oliveira, T. S., Silva, L. C., & Pereira, E. M. (2020). Real-time data acquisition and monitoring system using ESP32 for industrial applications. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9(10), 760–764.
- Shelby, Z., Hartke, K., & Bormann, C. (2014). The constrained application protocol (CoAP) (RFC 7252). IETF.
- Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo. (s.f.). Información institucional. Documentación interna.
- Uzcátegui, R. A., & Acosta-Marum, G. (2009). Wave: A tutorial. *IEEE Communications Magazine*, 47(5), 126–133.
- Wang, Y., & Shen, J. (2024). A Study on SBAS-RTK Integrated Positioning Technologies. En C. Yang & J. Xie (Eds.), *China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2024 Proceedings* (Vol. 1093, pp. 3–12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6932-6_1
- Zhang, Y., Li, H., Wang, Y., & Gao, X. (2018). ESP32-based implementation of wireless sensor monitoring system. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 356–361.
- Zhang, Y., Liu, L., & Wang, Y. (2011). A real-time traffic management system based on 3G network. *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering*, 610–614.
- Zhou, J., Zhang, Z., & Dong, H. (2020). Real-time vehicle tracking system using GPS and GPRS. *Procedia Computer Science*, 175, 513–518. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.074>

ANEXOS

Anexo 1

Guion de Entrevista Semi Estructurada – Enfoque en Requisitos del Sistema

Dirigida a: secretario general del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo

Objetivo: Recopilar información sobre las necesidades institucionales y validar los requisitos funcionales de la solución propuesta.

Preguntas: Requisitos del Sistema y Funcionalidades Esperadas

1. ¿Qué necesidades considera más urgentes en relación con el monitoreo de los vehículos de práctica?
2. ¿Qué tipo de información considera indispensable visualizar en la plataforma para asegurar una supervisión efectiva?
3. ¿Qué tan importante es para usted recibir notificaciones inmediatas en caso de que un vehículo salga de su ruta o se detenga por tiempo prolongado?
4. ¿Le gustaría que el sistema permitiera consultar rutas anteriores recorridas por los vehículos? ¿Con qué nivel de detalle?
5. ¿Considera necesario que la plataforma tenga un historial con fechas, nombres de instructores, y reportes por vehículo?
6. ¿Desea que exista una función que permita activar o desactivar las alertas en horarios en los que los vehículos no estén en uso (por ejemplo, fuera de prácticas)?
7. En cuanto a la administración del sistema, ¿quiénes deberían tener acceso y con qué tipo de permisos?
8. ¿Qué otras funcionalidades consideran importantes para que el sistema sea útil en el contexto de formación de conductores?

Anexo 2

Carta de aceptación del Sindicato de Choferes Profesionales del Cantón Espejo



SINDICATO DE CHOFERES PROFESIONALES DEL CANTÓN ESPEJO
FILIAL DE LA FEDERACIÓN DE CHOFERES PROFESIONALES DEL ECUADOR
Fundado el 23 de Abril de 1963 mediante Decreto No 6082 del Ministerio de Previsión Social y Trabajo
EL ÁNGEL – CARCHI

El Ángel, 03 julio del 2025

Yo, **JONATHAN JAVIER POZO VALENZUELA**, portador de la cédula de ciudadanía Nro. **0401751029**, en calidad de **SECRETARIO DEL TESORO Y FINANZAS DEL SINDICATO DE CHOFERES PROFESIONALES DEL CANTÓN ESPEJO**, por medio de la presente dejo constancia de nuestra satisfacción institucional por la ejecución del proyecto de titulación denominado: **“PROTOTIPO DE SEGURIDAD Y SEGUIMIENTO EN RUTAS CON GPS PARA PRÁCTICAS DE CONDUCCIÓN EN LA ESCUELA DE CAPACITACIÓN DEL SINDICATO DE CHOFERES PROFESIONALES DEL CANTÓN ESPEJO”**, realizado por la señorita **KARLA NIKOLE BÁEZ PRADO**, portadora de la cédula de ciudadanía Nro. **0401962675**.

El proyecto fue desarrollado en beneficio directo de nuestra Escuela de Capacitación para Conductores Profesionales, aportando significativamente al fortalecimiento de los procesos de seguridad y monitoreo durante las prácticas de conducción.


Es oportuno destacar que la señorita Báez Prado ha cumplido con su labor con solvencia profesional y académica, demostrando responsabilidad, compromiso y una actitud proactiva a lo largo de la ejecución del trabajo.

Por lo tanto, expresamos nuestro agradecimiento por su valiosa contribución, reiterando que el resultado del proyecto representa un aporte positivo a nuestra institución.

Atentamente,
UNIÓN, JUSTICIA Y TRABAJO

EL ÁNGEL - CARCHI




Jonathan Pozo
**SECRETARIO DEL TESORO
Y FINANZAS**

