



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones

Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM

Trabajo de Integración
Curricular, previo a la obtención
del título de Ingenieros en
Telecomunicaciones.

AUTORES:

Cristian Paul Balcázar Anguisaca
Martha Veronica Saca Gualan

DIRECTOR:

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 16 de agosto del 2023

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM**, previo a la obtención del título de **Ingenieros en Telecomunicaciones**, de la autoría de los estudiantes **Cristian Paul Balcázar Anguisaca** con cédula **Nro. 1106017732** y **Martha Veronica Saca Gualan** con cédula **Nro. 1950040400**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Nosotros, **Cristian Paul Balcázar Anguisaca** y **Martha Veronica Saca Gualan**, declaramos ser autores del presente Trabajo de Integración Curricular y eximimos expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente, aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de nuestro Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cedula de Identidad: 1106017732

Fecha: 2 de enero de 2024

Correo electrónico:

cristian.balcazar@unl.edu.ec

Teléfono: 0992241437



Firma:

Cédula de Identidad: 1950040400

Fecha: 2 de enero de 2024

Correo electrónico:

martha.saca@unl.edu.ec

Teléfono: 0991315478

Carta de autorización por parte de los autores, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.

Nosotros, **Cristian Paul Balcázar Anguisaca y Martha Veronica Saca Gualan**, declaramos ser autores del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM**, como requisito para optar al título de: **Ingenieros en Telecomunicaciones**, autorizamos al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de enero de dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autor: Cristian Paul Balcázar Anguisaca

Cedula de Identidad: 1106017732

Dirección: Barrio Belén

Correo electrónico:

cristian.balcazar@unl.edu.ec

Teléfono: 0992241437

Firma: 

Autor: Martha Veronica Saca Gualan

Cédula de Identidad: 1950040400

Dirección: Zamora

Correo electrónico:

martha.saca@unl.edu.ec

Teléfono: 0991315478

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco. Mg. Sc

Dedicatoria

Con profundo reconocimiento, dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis padres, Franklin Balcázar y Blanca Anguisaca. Su inquebrantable respaldo y apoyo a lo largo de mi trayectoria académica han sido elementos cruciales en mi formación. Su aliento constante y orientación sabia han desempeñado un papel fundamental en la consecución de este logro académico.

Cristian Paul Balcázar Anguisaca

El presente Trabajo de Integración Curricular lo dedico en primer lugar a Dios, quien ha sido mi guía a lo largo de mi camino, acompañándome en los momentos de éxito y de dificultad que han contribuido a forjar la persona que soy hoy en día. De igual manera, a mis padres, Pedro Saca y María Gualán. Su incansable esfuerzo y apoyo han sido pilares fundamentales en el cumplimiento de esta meta trazada. A pesar de los desafíos que hemos enfrentado, su constante respaldo ha sido esencial en este recorrido.

Martha Verónica Saca Gualán

Agradecimiento

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios por haberme otorgado salud y conocimiento, elementos esenciales que me han permitido alcanzar mis objetivos y vivir una experiencia excepcional en aquello que me apasiona.

Agradezco profundamente a mis padres por su apoyo incondicional, tanto emocional como económico. Su constante respaldo y los valiosos consejos que me han brindado han sido fundamentales para mi crecimiento y superación personal.

A la Universidad Nacional de Loja, en particular a los distinguidos docentes que integran la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Valorando profundamente su generosa contribución al compartir sus valiosos conocimientos y experiencias profesionales, reconozco que su dedicación ha sido fundamental para mi formación ética y profesional.

Por último, extendiendo mi más sincero agradecimiento al Ing. Pabel Merino Vivanco, mi tutor, cuyo valioso aporte ha sido fundamental en el desarrollo de esta investigación.

Martha Verónica Saca Gualán

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la oportunidad de alcanzar mis objetivos y vivir una experiencia excepcional en el marco de esta formación académica.

Mi profundo agradecimiento se dirige también a mis padres, cuyo apoyo inquebrantable tanto emocional como financiero ha sido un pilar fundamental en mi trayectoria. Les agradezco por confiar en mí y brindarme la oportunidad de culminar exitosamente esta etapa de mi vida.

A mi director de Trabajo de Integración Curricular Ing. Pabel Merino, por su paciencia y sabiduría que han sido mi guía en este camino. Su valioso asesoramiento ha sido crucial para el desarrollo exitoso de este proyecto de titulación.

Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a toda la planta docente que forman parte de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Sus valiosos conocimientos compartidos a lo largo de mi proceso formativo han sido fundamentales en mi desarrollo profesional.

Cristian Paul Balcázar Anguisaca

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas:	x
Índice de figuras:	xi
Índice de ecuaciones:.....	xiii
Índice de anexos:	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Antecedentes de la Seguridad en la Ciudad de Loja	7
4.2. Geolocalización.....	8
4.2.1. Localización.....	9
4.2.2. Identificación	9
4.3. Trastornos Cognitivos	10
4.3.1. Trastornos Cognitivo Relacionados con la Desorientación	10
4.4. Sistemas Embebidos.....	11
4.5. Redes Móviles	12
4.5.1. Evolución de las Redes Móviles.....	13

4.5.2.	Sistema Global Para las Comunicaciones Móviles (GSM)	14
4.6.	Servicio General de Paquetes Vía Radio (GPRS)	18
4.6.1.	Evolución de la Arquitectura de GPRS	18
4.7.	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	19
4.7.1.	Arquitectura del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	20
4.7.2.	Funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)...	21
4.7.3.	Servicios del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	22
4.8.	Códigos QR (Quick Response)	23
4.8.1.	Estructura de Códigos QR	24
4.8.2.	Tipos de Códigos QR.....	25
5.	Metodología.....	26
5.1.	Contexto	26
5.2.	Procedimiento.....	26
5.3.	Recursos	28
5.3.1.	Recursos Científicos	28
5.3.2.	Recursos Técnicos	29
6.	Resultados.....	30
6.1.	Análisis Integral del Sistema.....	30
6.1.1.	Descripción del Funcionamiento	30
6.1.2.	Estructura del Sistema Electrónico	32
6.1.3.	Diagrama de Flujo del Sistema	33
6.2.	Diseño del Circuito Electrónico	34
6.2.1.	Selección de Componentes	34
6.2.2.	Diagrama y Conexiones del Prototipo	40
6.2.3.	Programación del Prototipo en el IDE Arduino.....	42
6.2.4.	Pruebas de Funcionamiento del Circuito Electrónico.....	46

6.3.	Circuito Impreso y Diseño en 3D.....	50
6.3.1.	Diseño y Elaboración de Placa de Circuito Impreso	50
6.3.2.	Diseño en 3D del Prototipo.....	54
6.4.	Diseño de la Interfaz Web.....	55
6.4.1.	Requisitos y funcionalidades de la Interfaz Web.....	55
6.4.2.	Selección de Elementos de Software para la Interfaz Web	57
6.4.3.	Desarrollo de la Interfaz Web	60
6.5.	Diseño de la Aplicación Móvil.....	68
6.5.1.	Requisitos y Funcionalidades de la Aplicación Móvil	68
6.5.2.	Selección Elementos de Software para la Aplicación Móvil.....	70
6.5.3.	Desarrollo de la Aplicación Móvil.....	71
6.6.	Pruebas y Resultados Obtenidos	82
6.6.1.	Pruebas de Funcionalidad del Sistema.....	82
6.6.2.	Pruebas de Funcionamiento del Prototipo por Bloques.....	89
6.7.	Análisis Económico del Proyecto.	96
7.	Discusión.....	98
8.	Conclusiones.....	99
9.	Recomendaciones.....	101
10.	Referencias bibliográficas.....	102
11.	Anexos.....	106

Índice de Tablas:

Tabla 1. Distribución de bandas de frecuencia por operadora en Ecuador	15
Tabla 2. Tipos de Datos en Códigos QR	24
Tabla 3. Comparación de Módulos GSM/GPRS	35
Tabla 4. Comparación de Módulos GPS	36
Tabla 5. Comparación de Placas Arduino	37
Tabla 6. Características de la batería LiPo de 7.4 V 1800 mAh.....	38
Tabla 7. Características del módulo DDTCCRUB	39
Tabla 8. Características del módulo MP2307DN Mini-360.....	39
Tabla 9. Pruebas de funcionamiento para el establecimiento de geocercas	89
Tabla 10. Consumo de corriente de cada componente utilizado	90
Tabla 11. Coordenadas geográficas obtenidas por cada dispositivo	93
Tabla 12. Presupuesto económico del prototipo de localización de personas	96

Índice de Figuras:

Figura 1. Integración de localización e identificación en el proyecto	9
Figura 2. Arquitectura de una red móvil	13
Figura 3. Arquitectura del Sistema Global para Comunicaciones Móviles	16
Figura 4. Arquitectura del Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS)	19
Figura 5. Arquitectura del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	20
Figura 6. Funcionamiento del Sistema GPS	22
Figura 7. Estructura del código QR.....	24
Figura 8. Arquitectura del Sistema.....	31
Figura 9. Diagrama de bloques del sistema electrónico	32
Figura 10. Diagrama de Flujo del Sistema	33
Figura 11. Diagrama esquemático de conexiones del prototipo.....	40
Figura 12. Diagrama de conexiones del módulo SIM800L	41
Figura 13. Diagrama de conexiones del módulo GPS NEO-6M.....	41
Figura 14. Diagrama de flujo del código fuente.....	43
Figura 15. Script de alojamiento de datos en 000Webhost	44
Figura 16. Creación de la base de datos en Firebase	45
Figura 17. Transferencia de datos hacia el servidor 000Webhost.....	45
Figura 18. Extracción de datos GPS a través del protocolo NMEA	46
Figura 19. Diagrama de flujo para la extracción de datos GPS.....	47
Figura 20. Verificación de la extracción de coordenadas del módulo GPS	48
Figura 21. Pruebas del módulo SIM800L mediante el uso de comandos AT	49
Figura 22. Enrutamiento de la PCB en Proteus	50
Figura 23. Generación del Archivo PDF para la placa del circuito impreso.....	51
Figura 24. Vectorización del diseño del circuito impreso	51
Figura 25. Proceso de enrutamiento del circuito impreso	52
Figura 26. Placa de circuito impreso lista para su implementación	53
Figura 27. Ensamblaje de componentes en la placa de circuito impreso	53
Figura 28. Vista General del Diseño 3D de la Estructura del Prototipo.....	54
Figura 29. Impresión en 3D de la carcasa	55
Figura 30. Personalización de la pantalla de sección de contenido.....	61
Figura 31. Componentes clave de la sección informativa en la página web	62
Figura 32. Interfaz de inicio de sesión de la página web.....	63
Figura 33. Proceso de inicio de sesión en la página web	64

Figura 34. Actualización de coordenadas del prototipo en la interfaz web.....	66
Figura 35. Identificación de Usuario en la Página Web.....	67
Figura 36. Interfaz de inicio de sesión de la aplicación móvil.....	72
Figura 37. Proceso de inicio de sesión con Firebase Authentication.....	73
Figura 38. Interfaz de registro de usuarios en la aplicación móvil.....	74
Figura 39. Proceso de registro de un nuevo usuario en la aplicación móvil.....	75
Figura 40. Visualización de coordenadas en tiempo real.....	77
Figura 41. Visualización del historial de desplazamiento del usuario.....	78
Figura 42. Establecimiento de geocercas en la aplicación móvil.....	79
Figura 43. Proceso de establecimiento de geocercas individuales.....	80
Figura 44. Notificación de alertas locales en la aplicación.....	81
Figura 45. Prototipo final y caja 3D para su alojamiento.....	82
Figura 46. Pruebas de funcionalidad del dispositivo en uso.....	83
Figura 47. Trayectoria recorrida para la validación de las funcionalidades.....	83
Figura 48. Pruebas de monitoreo de trayectoria del usuario en la web.....	84
Figura 49. Pruebas de monitoreo de trayectoria del usuario en la app.....	85
Figura 50. Prueba de localización de usuario a través de mensajes de texto.....	86
Figura 51. Prueba de funcionamiento de identificación de usuarios.....	87
Figura 52. Establecimiento de geocercas y etiquetado de usuarios.....	87
Figura 53. Seguimiento del Usuario dentro de la geocerca establecida.....	88
Figura 54. Notificaciones de alerta cuando el usuario sobrepasa el limite.....	88
Figura 55. Prueba de duración de la batería con el prototipo.....	91
Figura 56. Dispositivos GPS evaluados.....	92
Figura 57. Registro de los paquetes almacenados en la base de datos.....	94
Figura 58. Sincronización de datos entre la app móvil y la página web.....	95

Índice de Ecuaciones:

Ecuación(1). Tiempo de consumo de energía que la batería suministra al prototipo.	90
Ecuación(2). Potencia de consumo de la batería	90
Ecuación(3). Potencia de consumo del circuito.....	90
Ecuación(4). Margen de error de almacenamiento de datos.....	94
Ecuación(5). Sumatoria del presupuesto total del prototipo.....	97

Índice de Anexos:

Anexo 1. Código fuente en IDE Arduino.....	106
Anexo 2. Código Fuente para la Extracción de Datos GPS con Protocolo NMEA y Significado de Variables \$GPRMC.....	111
Anexo 3. Código Fuente para Configurar y Validar el Correcto Funcionamiento del Módulo SIM800L V2 Mediante Comandos AT.....	112
Anexo 4. Planos del Diseño 3D del Case del Prototipo.	113
Anexo 5. Prueba de la Interacción del Prototipo con Diferentes Participantes.....	116
Anexo 6. Prueba de Localización de Usuario Mediante Envío de SMS.	118
Anexo 7. Pruebas de Funcionamiento de Geocercas.	120
Anexo 8. Resultados del Análisis Comparativo de Coordenadas entre el Prototipo "PersonTrack" y el GPSTMAP 60CSx.	132
Anexo 9. Paquetes Almacenados Durante la Transmisión de Datos Desde el Prototipo Hacia la Base de Datos.	137
Anexo 10. Manual de Usuario.....	139
Anexo 11. Certificado de Traducción del Resumen.....	148

1. Titulo

Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM

2. Resumen

En este proyecto, se ha desarrollado un prototipo de sistema de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja, utilizando la red GSM/GPRS. El sistema brinda como principales funcionalidades el monitoreo en tiempo real de la ubicación de la persona, permitiendo a los tutores conocer su posición exacta en todo momento, establecer límites geográficos para restringir el recorrido de la persona y recibir notificaciones de alerta cuando se excede dicho límite, además de obtener la ubicación de la persona rastreada mediante mensajes de texto. Para llevar a cabo estas funciones, el sistema se estructura en tres etapas fundamentales: geolocalización y rastreo, almacenamiento de información, y monitoreo. La etapa de geolocalización y rastreo emplea dispositivos hardware con tres componentes esenciales: un módulo GPS para obtener la ubicación de la persona, un módulo GSM/GPRS para la comunicación a través de la red móvil y un microcontrolador para la programación de dichos módulos. Por otro lado, la etapa de almacenamiento y monitoreo se lleva a cabo mediante software, procesando y almacenando la información de localización en una base de datos. Los datos resultantes pueden ser visualizados mediante una interfaz web o una aplicación móvil. Con este prototipo se busca fortalecer la seguridad y protección de los ciudadanos, brindando una herramienta eficaz ante situaciones de desaparición de personas. Además, el presente trabajo de integración curricular ofrece al lector un entendimiento tanto teórico como práctico de las tecnologías empleadas. La convergencia de estas tecnologías no solo posibilita la creación de soluciones prácticas, sino que también enriquece el ámbito educativo, destacando la importancia de la investigación aplicada en el sector de las telecomunicaciones.

Palabras Clave: *Geolocalización, Monitoreo, GSM/GPRS, GPS, microcontrolador, base de datos.*

Abstract

In this project, a prototype of a geolocation, tracking and identification system for people in real-time has been developed for the city of Loja, using the GSM/GPRS network. The system provides as main functionalities the person's location real-time monitoring, allowing guardians to know his or her exact position at all times, establishing geographic limits to restrict the person's route and receiving alert notifications when this limit is exceeded, in addition to obtaining the location of the tracked person through text messages. To carry out these functions, the system is structured in three fundamental stages: geolocation and tracking, information storage, and monitoring. The geolocation and tracking stage employs hardware devices with three essential components: a GPS module to obtain the location of the person, a GSM/GPRS module for communication through the mobile network, and a microcontroller for programming these modules. On the other hand, the storage and monitoring stage is carried out by software, processing and storing the location information in a database. The resulting data can be visualised through a web interface or a mobile application. With this prototype it seeks to strengthen the security and protection of citizens, providing an effective tool in situations of missing persons. In addition, this curricular integration work offers the reader both a theoretical and practical understanding of the technologies employed. The convergence of these technologies not only enables the creation of practical solutions but also enriches the educational field, highlighting the importance of applied research in the telecommunications sector.

Keywords: *Geolocation, Monitoring, GSM/GPRS, GPS, microcontroller, database.*

3. Introducción

En la actualidad, la inseguridad ciudadana representa un desafío global que afecta a países y regiones en todo el mundo. El crecimiento de las ciudades y la complejidad de los entornos sociales han generado un aumento significativo de la inseguridad, convirtiendo el bienestar de los ciudadanos en una prioridad fundamental. Entre los problemas globales asociados a la inseguridad se encuentran los delitos violentos, el abuso infantil y la desaparición de personas. Con el fin de garantizar el cumplimiento de los derechos humanos, la Agenda 2030 de la ONU establece políticas que cada Estado debe implementar para abordar y reducir estos problemas.

Dentro de la Agenda 2030, el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 16 (ODS 16), titulado "Paz, justicia e instituciones sólidas", tiene como propósito promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas, así como fortalecer las instituciones para lograr la paz, la justicia y la rendición de cuentas en todos los niveles. Este objetivo aborda temas relevantes como la desaparición de personas y la reducción de delitos violentos a través de la meta 16.1, el cual busca reducir significativamente todas las formas de violencia, incluyendo la trata y la desaparición de personas, así como la prevención y reducción de los robos. (Naciones Unidas, 2018).

De la misma forma, hay otros objetivos que contribuyen de manera indirecta a enfrentar esta problemática. El objetivo 11 de la ODS, titulado "Ciudades y comunidades sostenibles", contribuye a abordar el desafío de los robos y mejorar la calidad de vida en entornos urbanos. Aunque no se centra directamente en la prevención de robos, se enfoca en aspectos fundamentales que promueven la seguridad, la resiliencia y la sostenibilidad en las ciudades, incluyendo la seguridad ciudadana y la prevención de delitos como parte integral de la construcción de ciudades y comunidades sostenibles.

Si bien es cierto, en Ecuador también se realizó la implementación de estas políticas de seguridad. Sin embargo, los problemas de inseguridad se han intensificado debido al crecimiento de la población y la escasez de oportunidades laborales. Loaiza (2022) en su artículo publicado en el diario Infobae, afirma que es común encontrar a diario afiches de personas desaparecidas, siendo preocupante que la mayoría de ellas sean niños, niñas, adolescentes, personas de la tercera edad o individuos con problemas cognitivos. Además, según la encuesta realizada por la consultora CID Gallup, la tasa de inseguridad y delincuencia en el país ha incrementado en un 54%, posicionándolo el tercer país más inseguro de la región. (UNIR, 2022).

Por su parte, la ciudad de Loja a nivel local, ha implementado el Concejo Cantonal de Seguridad Ciudadana como un mecanismo para fortalecer la seguridad. Este organismo se enfoca en promover la prevención, protección, seguridad y convivencia social en el cantón mediante programas y proyectos. A pesar de estos esfuerzos, los robos en domicilios y espacios públicos siguen siendo una preocupación constante para los ciudadanos, al igual que la desaparición de personas.

Ante esta situación, es urgente adoptar medidas más efectivas para proteger a los grupos más vulnerables de la sociedad y abordar los problemas de seguridad local. Surge la necesidad de construir un sistema que permita el monitoreo y la localización en tiempo real de las personas, lo cual es fundamental para prevenir y alertar sobre intentos de secuestro o robo, así como para responder de manera rápida y efectiva en casos de emergencia, salvando vidas y previniendo delitos más graves.

En este sentido, en el presente trabajo se hará mención de investigaciones relacionadas con sistemas de monitoreo y localización de personas en tiempo real que son relevantes para el desarrollo del prototipo. Un ejemplo destacado es el trabajo de Chicaiza (2023) titulado “Diseño de un sistema embebido de detección y rastreo de mascotas mediante una red IOT aplicado en la ciudad de Ibarra”. En este estudio, se utiliza tecnología GSM para la comunicación y GPS para la localización y rastreo, permitiendo así prevenir la pérdida o robo de mascotas.

No obstante, el proyecto en cuestión busca implementar un sistema más completo que, a diferencia de la investigación mencionada previamente, se enfoca en la reducción del porcentaje de personas desaparecidas. Este sistema, además de permitir la localización en tiempo real mediante mensajes de texto, incluye funcionalidades adicionales, como establecer vallas virtuales en la aplicación móvil para limitar la zona del usuario. Todos los datos e información recopilados estarán disponibles en una interfaz web y móvil para facilitar el acceso y ofrecer una solución efectiva a la problemática de las personas desaparecidas.

Con respecto a la estructura del proyecto, este consta de 5 capítulos que fueron diseñados en función de los objetivos planteados, los cuales se describen a continuación:

- Analizar la estructura y funcionamiento de la tecnología GSM, el sistema global de navegación por satélite GPS y el uso de identificadores por códigos QR.

- Diseñar y construir un prototipo electrónico que permita la geolocalización, rastreo e identificación de personas mediante red GSM
- Desarrollar e implementar una interfaz web y móvil para la visualización y monitoreo de los datos proporcionados por el prototipo.
- Validar el funcionamiento del prototipo y su sistema de monitoreo, con la finalidad de obtener una precisión favorable del prototipo.

El primer capítulo establece los objetivos generales y específicos. Además, presenta el marco teórico, que incluye un análisis detallado de la tecnología GSM, el sistema global de navegación por satélite GPS y el uso de identificadores por códigos QR. El segundo capítulo presenta la metodología empleada en el proyecto, la selección de componentes y técnicas de investigación utilizadas. En el tercer capítulo se detalla el diseño y construcción del prototipo electrónico. Así como la implementación de la interfaz web y móvil. El cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos y realiza un análisis de costos para comprobar la viabilidad económica del proyecto. Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de la investigación, incluyendo una perspectiva sobre posibles mejoras y actualizaciones del prototipo.

En cuanto al alcance del Trabajo de Integración Curricular este se adapta al contexto local de la región Sur de Ecuador, enfocándose en la ciudad de Loja y abordando las necesidades específicas de la zona. El objetivo principal es llegar al público en general, pero se presta especial atención a aquellos que requieren un monitoreo constante de su ubicación, como niños, niñas, adultos mayores y personas con trastornos cognitivos relacionados con la desorientación. Esta investigación se destaca por su enfoque en la integración de tecnologías avanzadas, como GPS, la red GSM, código QR y las aplicaciones móviles y web. Gracias a esta combinación de tecnologías, es posible lograr un seguimiento eficiente y preciso de la ubicación de las personas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la efectividad de este sistema está condicionada por la disponibilidad y cobertura de la red GSM en la zona donde se implementa.

Finalmente, el presente proyecto aborda un problema social relevante al proporcionar una solución innovadora para reducir los porcentajes de personas desaparecidas en la ciudad de Loja. Además, sienta las bases para futuras investigaciones y mejoras en el campo de la geolocalización y el rastreo de personas, contribuyendo al avance y aplicación práctica de dicho conocimiento.

4. Marco Teórico

En este capítulo se abordan varios aspectos relevantes relacionados con la problemática del proyecto de titulación. En primer lugar, se analizan los antecedentes históricos de la ciudad de Loja para comprender su evolución y contexto actual en cuanto a temas de seguridad. Además, se destaca la importancia de considerar los trastornos cognitivos relacionados con la desorientación en el enfoque del proyecto. También, se brinda una descripción detallada de las de las tecnologías GSM/GPRS, el sistema de navegación por satélite GPS y el uso de identificadores por códigos.

4.1. Antecedentes de la Seguridad en la Ciudad de Loja

Según un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014), el concepto de seguridad ciudadana, es la forma de establecer y proteger el orden civil, para lograr una convivencia pacífica y segura en la sociedad. No se trata únicamente de reducir los delitos y amenazas que puedan existir dentro de la población, sino también de una estrategia para mejorar la calidad de vida de las personas. Es por esto que el estado ecuatoriano considera la seguridad ciudadana como un bien público y como uno de los derechos humanos inherentes a cada individuo.

En este sentido, el Municipio de Loja (2015) señala que la inseguridad ciudadana en la ciudad tiene su origen en problemas sociales y económicos, tales como la falta de educación, los conflictos intrafamiliares, el desorden público y el desempleo. Esto ha provocado un aumento en los delitos, especialmente en robos y desapariciones de personas.

Además, la Fiscalía General del Estado (FGE) informó que tan solo de enero a octubre de 2021, se registraron 222 denuncias de personas desaparecidas dentro de la ciudad. Afortunadamente, se logró resolver 208 casos, mientras que los 14 restantes se encuentran aún en proceso de investigación. Sin embargo, para mediados de 2022, registró más de 1.200 casos de delitos relacionados con robos y desapariciones de personas (La Hora, 2022).

Estos factores de riesgo en la ciudad de Loja han persistido, lo que ha llevado al Consejo Cantonal de Seguridad Ciudadana (CCSC) a establecer un plan estratégico para mejorar las condiciones de seguridad y convivencia. Sin embargo, las cifras de inseguridad no disminuyen, a pesar de las medidas tomadas por las autoridades. (CCSC, 2017)

En resumen, resulta evidente la necesidad de una revisión constante de las medidas de seguridad existentes y la implementación de nuevas estrategias tecnológicas como la construcción de un prototipo de localización en tiempo real, para abordar la problemática de forma efectiva y lograr una ciudad más segura para todos los ciudadanos.

4.2. Geolocalización

La geolocalización es una solución tecnológica que detecta y registra la ubicación física real de un objeto o persona. Estos datos se pueden obtener no solo de teléfonos móviles, sino también de ordenadores, Smart TV u otros dispositivos conectados a internet. (Armetrics, 2022)

La geolocalización se basa en tres principales propósitos. La georreferenciación, que determina la ubicación física de un objeto o persona en un mapa para obtener información específica. La geocodificación, que convierte datos de latitud y longitud en una dirección o viceversa, siendo útil en aplicaciones como la planificación de rutas de transporte. Por último, el geoetiquetado almacena información geográfica en fotografías, videos y otros archivos, lo cual es útil para el análisis de datos geoespaciales. (Armetrics, 2022)

Por otro lado, la geolocalización se puede obtener de tres formas diferentes, cada una con su propio método y nivel de precisión.

1. Geolocalización GSM: utiliza las torres de telefonía móvil para determinar la ubicación aproximada del dispositivo. Sin embargo, no proporciona una precisión exacta, ya que solo muestra la zona en la que se encuentra la torre. (Software, 2022)
2. Geolocalización GPS: Es la tecnología más utilizada para obtener la ubicación precisa de dispositivos con un receptor GPS. Este ofrece una mayor precisión en la determinación de la ubicación real. (Software, 2022)
3. Geolocalización WIFI: Se obtiene la ubicación del dispositivo utilizando la dirección IP de un router. (Software, 2022)

Además, el proyecto integra dos conceptos estrechamente relacionados: la localización e identificación. Esta integración posibilita obtener la ubicación precisa del prototipo y la información del usuario, como se muestra en la Figura 1. De esta manera, se logra un seguimiento y control eficiente del prototipo y sus usuarios en todo momento.

Figura 1.

Integración de localización e identificación en el proyecto



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Localización

La localización permite la ubicación precisa de objetos o personas. Es importante destacar que existen diversas formas de obtener esta información.

La ubicación precisa se obtiene mediante coordenadas de latitud y longitud, lo cual permite situar un punto exacto en un mapa. El GPS es una de las herramientas más utilizadas para obtener esta información. (Sánchez, 2021)

4.2.2. Identificación

La identificación implica la capacidad de reconocer la autenticidad y la correspondencia de una persona u objeto específico con respecto a su afirmación de ser lo que dice ser.

Este proceso se lleva a cabo a través de la comparación de rasgos propios que caracterizan a un individuo o colectividad, denominados identidad. Puede ser establecida mediante documentos oficiales, como cédulas de identidad, pasaportes, licencias de conducir, entre otros, que contienen información única y personal de una persona. (Pérez Porto, 2010)

Basado en lo mencionado anteriormente, el proyecto de titulación se fundamenta en el uso del sistema GPS como método de geolocalización. Mediante la integración de conceptos de localización e identificación, se logra obtener la ubicación precisa del

prototipo y la información del usuario asociada. Esto posibilita realizar un seguimiento en tiempo real del dispositivo, mejorando así la eficacia de los procesos de rastreo e identificación de personas.

4.3. Trastornos Cognitivos

Un trastorno cognitivo se refiere a alteraciones en las habilidades cognitivas básicas de una persona, como la memoria, el lenguaje, la orientación, el aprendizaje y la resolución de problemas. De acuerdo con la Psicóloga Leticia Pérez (2012) los trastornos cognitivos pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida de una persona, generando dificultades en su vida diaria y en sus relaciones personales y profesionales.

De manera general, los trastornos cognitivos pueden afectar principalmente a personas mayores de 45 a 94 años de edad. Sin embargo, también se ha observado que una pequeña cantidad de niños y adolescentes pueden experimentar estos trastornos, lo que les impide llevar una vida funcional. (Rigola, 2018)

Algunos de los trastornos cognitivos más comunes incluyen problemas de memoria, dificultades para comunicarse y cambios en la personalidad. Por tanto, es crucial describir estos trastornos para comprender plenamente su implicación en el desarrollo del proyecto.

4.3.1. Trastornos Cognitivo Relacionados con la Desorientación

Los trastornos cognitivos como el Delirium y la enfermedad de Alzheimer, representan un desafío significativo en la sociedad actual. Estos trastornos afectan la capacidad de orientación de las personas, generando situaciones de riesgo. Por ello en este proyecto se les otorga especial atención, buscando brindar soluciones efectivas como rastreo en tiempo real que permita mejorar la seguridad y bienestar de las personas afectadas y sus familias, brindando tranquilidad y confianza en su cuidado y protección.

4.3.1.1. Delirium o Síndrome Confusional Agudo. El Síndrome Confusional Agudo (SCA) es un trastorno cognitivo que afecta principalmente a los adultos mayores. Se caracteriza por el deterioro del nivel de conciencia y la atención. Tiene un inicio agudo y a medida que avanza, puede provocar un deterioro de la memoria, lo que afecta la capacidad del paciente para realizar actividades diarias y llevar una vida normal. (Ruiz et al., 2015)

A medida que avanza la enfermedad, según señala Paz Villaverde (2015) las personas con delirium pueden experimentar una disminución en su capacidad de concentración y una pérdida de la percepción de la realidad, lo que puede resultar en alucinaciones constantes y cambios en su comportamiento. Por lo tanto, es fundamental buscar atención médica para identificar la causa subyacente y abordarla adecuadamente.

4.3.1.2. Enfermedad de Alzheimer. Alzheimer's Association (2023) afirma que la enfermedad de Alzheimer es la forma más común de demencia y se trata de un trastorno cerebral que causa un deterioro gradual de la memoria. Aunque no es una característica normal del envejecimiento, esta enfermedad afecta principalmente a personas de 65 años o más.

Se caracteriza por ser una enfermedad progresiva. Los síntomas del Alzheimer pueden variar desde un olvido leve hasta la pérdida completa de la capacidad de pensar, hablar y cuidar de sí mismo. La persona afectada llega a un punto donde no puede valerse por sí misma, perdiendo la capacidad de responder al entorno y realizar tareas básicas (Clinic, 2023).

Considerando lo expuesto anteriormente, la creación y desarrollo de un prototipo de geolocalización se posiciona como una solución tecnológica eficiente para abordar de manera más efectiva los trastornos cognitivos asociados a la desorientación, otorgando una mayor sensación de seguridad y tranquilidad tanto a los pacientes como a sus familias.

4.4. Sistemas Embebidos

Los sistemas embebidos, también conocidos como herramientas de computación basadas en un microcontrolador, son dispositivos utilizados para ejecutar funciones de control específicas. Se caracteriza por tener sus componentes integrados en una sola placa base, lo que reduce su tamaño y costo. De esta manera, se pueden utilizar para una amplia variedad de propósitos, desde funciones simples como proporcionar conexión a internet hasta tareas más complejas como el control de máquinas. (Condemi, 2022)

Estos sistemas constan de hardware y software necesarios para su funcionamiento. Se utilizan principalmente para tareas de medición y control, lo que los hace ideales para aplicaciones en diversos sectores, como salud, automatización, electrónica, industria, entre otros. (Úbeda, 2009)

Los sistemas embebidos brindan una amplia variedad de beneficios en diferentes campos. Es relevante destacar algunos de ellos, en base a la investigación llevada a cabo por la empresa OASYS (2022).

- Control total del sistema: Se obtiene al utilizar el propio código de los programadores para el control del sistema, lo que permite su modificación en cualquier momento.
- Reducción de costos: Es posible encontrar componentes electrónicos asequibles para el mantenimiento o construcción del sistema integrado.
- Corto tiempo de respuesta: La mayoría de los sistemas embebidos realizan tareas en tiempo real, lo que les permite ejecutar acciones de manera inmediata.

En resumen, los sistemas embebidos ofrecen una solución eficiente y económica para una amplia variedad de aplicaciones de control. Destacan por su tamaño compacto y costos de producción más bajos, lo que los convierte en una opción ideal para el diseño y construcción del prototipo de geolocalización.

4.5. Redes Móviles

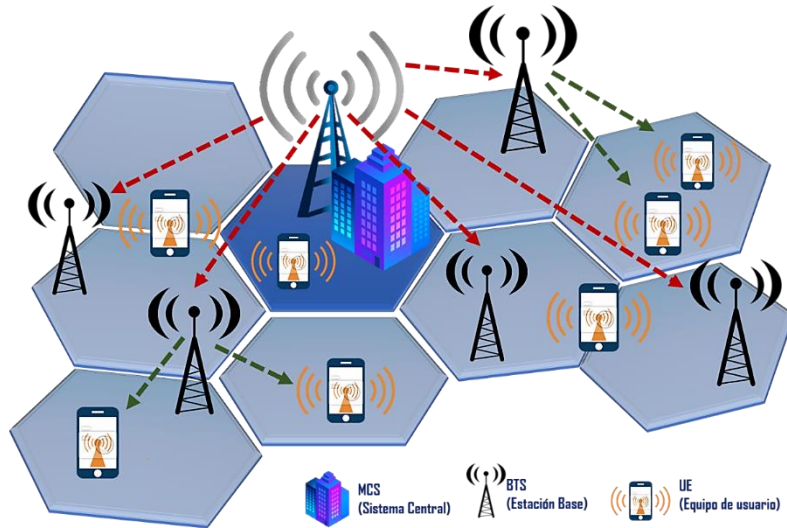
Las redes móviles han sido fundamentales para la conexión y comunicación entre personas, dispositivos y servicios en línea. Según la definición de Techopedia (2023) una red móvil es una infraestructura inalámbrica de telecomunicaciones que posibilita la transmisión y recepción de datos mediante señales de radio de baja potencia. Gracias a esta tecnología, los usuarios pueden acceder a internet, enviar o recibir mensajes, realizar llamadas, utilizar diversas aplicaciones en cualquier momento y lugar.

En cuanto a la arquitectura de una red móvil, cada celda cuenta con su propia estación base, que proporciona la capacidad de transmitir voz, datos, entre otros, tal como se puede observar en la Figura 2. De acuerdo con el artículo de Becvar et al. (2018) estas celdas se agrupan para formar una red que permite cubrir áreas geográficas más grandes que el alcance de una sola celda. De esta manera, los equipos de usuarios pueden comunicarse incluso si se encuentran en movimiento.

La capacidad de las celdas de proporcionar cobertura de radio en áreas más amplias ha sido crucial para su desarrollo y evolución. Por lo tanto, es importante familiarizarse con los diferentes tipos de redes móviles y su capacidad para brindarnos conectividad en cualquier momento y lugar.

Figura 2.

Arquitectura de una red móvil



Fuente: Elaboración propia.

4.5.1. Evolución de las Redes Móviles

Las redes móviles han evolucionado de manera significativa para satisfacer las demandas cada vez mayores de los usuarios y aplicaciones. Existen distintos tipos de redes móviles, cada una con características y funciones específicas que las hacen ideales para diferentes situaciones y necesidades. A continuación, se detalla su evolución de acuerdo con las investigaciones de la Universidad Internacional de Valencia (2018).

- **Red 1G:** Esta red utilizaba tecnología analógica y permitió permitiendo realizar llamadas de voz por primera vez de manera móvil. A pesar de que en la actualidad se ha vuelto obsoleta, sentó las bases para la evolución de las redes móviles y abrió el camino para las futuras generaciones.
- **Red GSM o 2G:** Esta generación fue estandarizada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) y permitió realizar llamadas telefónicas de alta calidad, así como el envío de mensajes de texto (SMS) y datos de baja velocidad permitiendo la navegación web básica
- **Red GPRS o 2.5G:** Presenta una mejora respecto al 2G, al añadir una mayor capacidad de transmisión de datos mediante la tecnología GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio). Permite la navegación por internet mediante dispositivos móviles, logrando un avance en la conectividad y el acceso a la información.

- **Red UMTS o 3G:** Sucesora de la tecnología GSM, permite una velocidad de transmisión de datos de 2Mbps. Tiene la capacidad de realizar videollamadas en tiempo real y navegar por redes sociales e internet con mayor fluidez que las generaciones anteriores.
- **Red LTE o 4G:** Es la tecnología que se encuentra en vigencia. Ofrece una alta velocidad de transmisión de datos, con velocidades de hasta 150 Mbps de bajada y 50 Mbps de subida. Con ella es posible realizar múltiples actividades en línea, como navegar por internet, ver contenido de streaming, etc.
- **Red 5G:** Es la última generación de redes móviles, aunque aún no está disponible en todos los países. Ofrece un mayor ancho de banda con velocidades de transmisión de hasta 1 Gbps. La red 5G permite nuevas aplicaciones y servicios que requieren de una latencia ultra baja, como la realidad aumentada, la telemedicina, entre otros.

En conclusión, conocer las características de cada una de estas redes móviles es esencial para poder elegir la tecnología más adecuada según las necesidades y objetivos de cada caso de uso. En este proyecto de titulación, el uso de tecnologías móviles como GSM/GPRS cumple con las necesidades específicas de la aplicación, permitiendo la transmisión de mensajes de texto y datos de manera eficiente.

4.5.2. Sistema Global Para las Comunicaciones Móviles (GSM)

En el mundo actual, la tecnología celular digital se ha convertido en una herramienta indispensable para la comunicación móvil. Una de las tecnologías más conocidas en este ámbito es la red de segunda generación (2G), conocida como GSM.

Este estándar de comunicación móvil se ha establecido como la base para la mayoría de las redes celulares en todo el mundo, ofreciendo una amplia gama de servicios avanzados, como la transferencia de datos y mensajes de texto con una velocidad de hasta 14.4 Kbps. (López, 2021)

Las comunicaciones móviles GSM se destacan por su independencia en términos de requisitos de hardware. González (2001) afirma que sus especificaciones se centran en describir las funcionalidades que la red debe ofrecer. Esto brinda a los usuarios la libertad de elegir entre diferentes equipos, siempre y cuando cumplan con las funcionalidades necesarias.

En resumen, GSM ha tenido un impacto significativo en la evolución de las comunicaciones móviles a nivel mundial, al mejorar la eficiencia y rapidez en la transmisión de información. Comprender su funcionamiento y arquitectura es crucial para apreciar su contribución en el campo de las telecomunicaciones.

4.5.2.1. Funcionamiento de GSM. La tecnología GSM ha extendido su alcance a lo largo de los años gracias a la adopción de distintas bandas de frecuencias y la técnica de Acceso Múltiple por División del Tiempo (TDMA).

Las bandas de frecuencia se emplean para la transmisión de voz y datos, las cuales se dividen en cuatro categorías principales: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. Cada una tiene un rango de frecuencia específico y se utiliza en diferentes regiones del mundo. Por ejemplo, la banda GSM-900 es utilizada en Europa y Asia, mientras que las bandas GSM-1900 y GSM-850 se emplean en América del Norte, Centroamérica, Sudamérica y algunos países de Asia. (Lizón, 2001)

Es importante tener en cuenta que la asignación de frecuencias depende de los operadores de la red celular en cada país y puede variar con el tiempo. En Ecuador, el sistema de comunicación móvil GSM utiliza las bandas de frecuencia GSM-850 y GSM-1900, en las cuales cada operadora trabaja en rangos de frecuencia específicos. La Tabla 1, basada en los datos proporcionados por ETSI (2018) muestra los rangos de frecuencia asignados a cada operadora.

Tabla 1.

Distribución de bandas de frecuencia por operadora en Ecuador

OPERADORA	NOMBRE	UPLINK(MHZ)	DOWNLINK(MHZ)
Claro	GSM 850	824-849 MHz	869-894 MHz
	GSM 1900	1850-1910 MHz	1930-1990 MHz
Movistar	GSM 850	824-849 MHz	869-894 MHz
	GSM 1900	1850-1910 MHz	1930-1990 MHz
CNT	GSM 1900	1850-1910 MHz	1930-1990 MHz

Fuente: Elaborado por autor

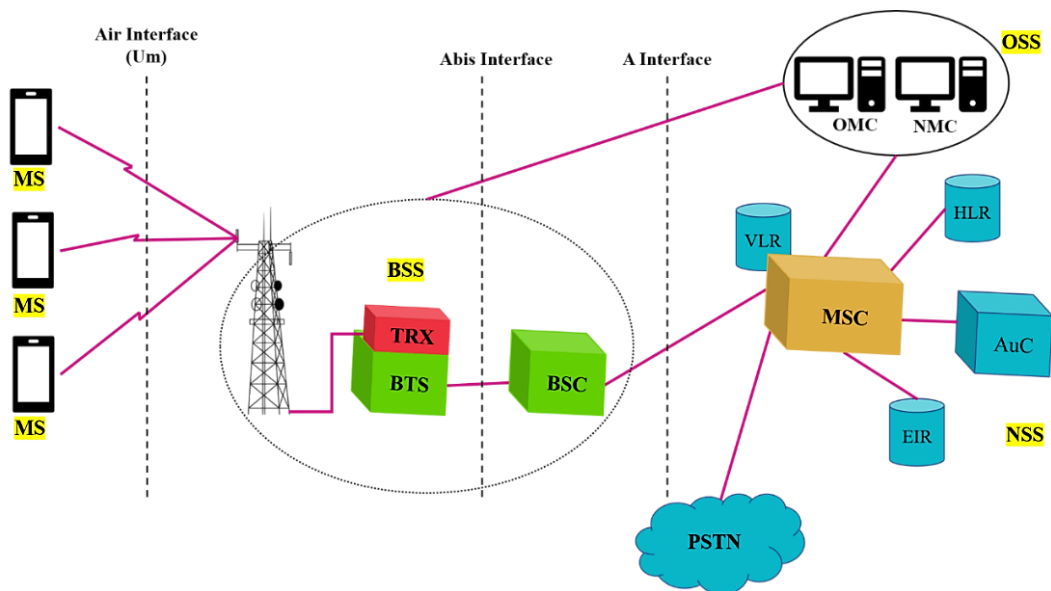
En cuanto a la técnica de Acceso Múltiple por División del Tiempo (TDMA), el sistema GSM la utiliza para la transmisión y recepción de señales de voz. Esta técnica permite que el mismo canal de frecuencias sea asignado a diferentes suscriptores, lo que significa que varias llamadas pueden ser cursadas dentro de un mismo canal en determinados periodos de tiempo, conocidos como time slots, tanto para uplink como para downlink. (Lizón, 2001)

En resumen, la técnica TDMA y las bandas de frecuencia en GSM trabajan en conjunto para aumentar la capacidad de tráfico de voz y datos. Mediante la división de cada banda de frecuencia en canales, la técnica TDMA permite que múltiples suscriptores compartan un mismo canal de frecuencia en diferentes periodos de tiempo, mejorando así la eficiencia espectral del sistema. De esta manera, al aumentar el número de canales de frecuencia disponibles permite aumentar la capacidad del sistema y facilitar la transmisión de un mayor volumen de datos y voz.

4.5.2.2. Arquitectura GSM. La arquitectura de los sistemas de telecomunicaciones móviles también ha evolucionado. En el caso de GSM, su arquitectura se compone de cuatro subsistemas que trabajan en conjunto para garantizar el funcionamiento de la red. El primero de ellos es el Dispositivo Móvil, seguido por el Subsistema de Estación Base (BSS), el Subsistema de Red y Conmutación (NSS) y el Subsistema de Soporte Operacional (OSS), tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Arquitectura del Sistema Global para Comunicaciones Móviles



Fuente: Elaboración Propia. Adaptada de *Aplicaciones y Servicios de la Tecnología GSM* [Riofrío A.], 2007, EPN (<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4136/1/CD-0696.pdf>)

Para acceder a la red GSM, el usuario necesita un dispositivo final, el cual es representado por la Estación Móvil. Este subsistema, se compone de elementos como la tarjeta SIM y el IMEI que permiten la identificación del usuario y del dispositivo móvil.

Para la transmisión de señales entre los dispositivos, la estación móvil se comunica con la estación base mediante la interfaz aire. (Romero, 2009)

De la misma forma, el Subsistema de Estación Base (BSS) cumple la función de gestión y señalización entre los terminales móviles y el NSS. Está compuesto por dos elementos principales: la Estación Base Transceptora (BTS) y el Controlador de Estación Base (BSC). La BTS contiene los equipos y antenas necesarias para establecer la comunicación con los dispositivos móviles, mientras que el BSC se encarga de asignar las frecuencias y administrar los procesos de handover. Adicionalmente, el BSS se conecta físicamente al centro de conmutación móvil (MSC), para permitir la conexión a la red de telefonía pública e internet. (Romero, 2009)

Por su parte, el Subsistema de Red y Conmutación (NSS) se encarga de procesar las llamadas y gestionar las funcionalidades de los usuarios en la red. Está compuesto por varios componentes, entre ellos el MSC (Centro de Conmutación Móvil), que se encarga de funciones clave como el Registro de Ubicación de Origen (HLR), una base de datos que almacena el registro de todos los usuarios conectados a la red. Además, el NSS incluye el Registro de Ubicación de Visitante (VLR), que almacena temporalmente los datos de los usuarios para permitirles acceder a la red. También cuenta con el Centro de Autenticación (AUC), responsable de verificar las identidades de los usuarios, y el Registro de Identificación del Equipo (EIR), que contiene información sobre los terminales móviles. (Romero, 2009)

Por último, es fundamental contar con un subsistema dedicado a las labores de operación y mantenimiento para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema GSM. En este sentido, el Subsistema de Soporte Operacional (OSS) desempeña un papel crucial en dichas tareas. Conformado por el centro de operación y mantenimiento (OMC) y el Centro de administración de red (NMC). El OMC se encarga de supervisar y controlar el estado de la red GSM en tiempo real, mientras que el NMC se encarga de la configuración y administración de la red, así como de la gestión de fallas y alarmas. (Romero, 2009)

En resumen, la arquitectura GSM es un sistema integral que facilita la comunicación efectiva y confiable de los usuarios de telefonía móvil. La colaboración de sus componentes garantiza una transmisión eficiente de señales de voz y datos en toda la red. A pesar de los avances y la evolución de las redes de comunicación, GSM sigue siendo una tecnología fundamental en la industria de las telecomunicaciones.

4.6. Servicio General de Paquetes Vía Radio (GPRS)

El Sistema de Radio Generalizado (GPRS) desempeña un importante papel en la evolución de la red GSM. Esta tecnología introdujo una forma más eficiente de transmitir datos sobre las redes móviles al implementar la conmutación de paquetes en lugar de la conmutación de circuitos. Se le conoce como red 2.5G, un paso previo a la llegada de 3G o UMTS (Zola, 2021).

En GPRS la transferencia de paquetes se realiza mediante el protocolo IP, presentando una serie de ventajas significativas. Permite alcanzar altas velocidades de datos de hasta 115 kbits/s. Además, se destaca por optimizar el uso de recursos al transmitir datos exclusivamente cuando es necesario, lo que conlleva una mayor eficiencia. Finalmente, para asegurar una calidad de servicio óptima, esta tecnología implementa QoS (Calidad de servicio) (Guerrero, 2004).

De esta manera, brinda múltiples beneficios tanto para los usuarios como para los operadores de servicios. Ofrece la compartición de recursos entre los servicios de paquetes de datos y servicios de GSM, lo que conlleva una reducción en los costos de inversión para el operador.

4.6.1. Evolución de la Arquitectura de GPRS

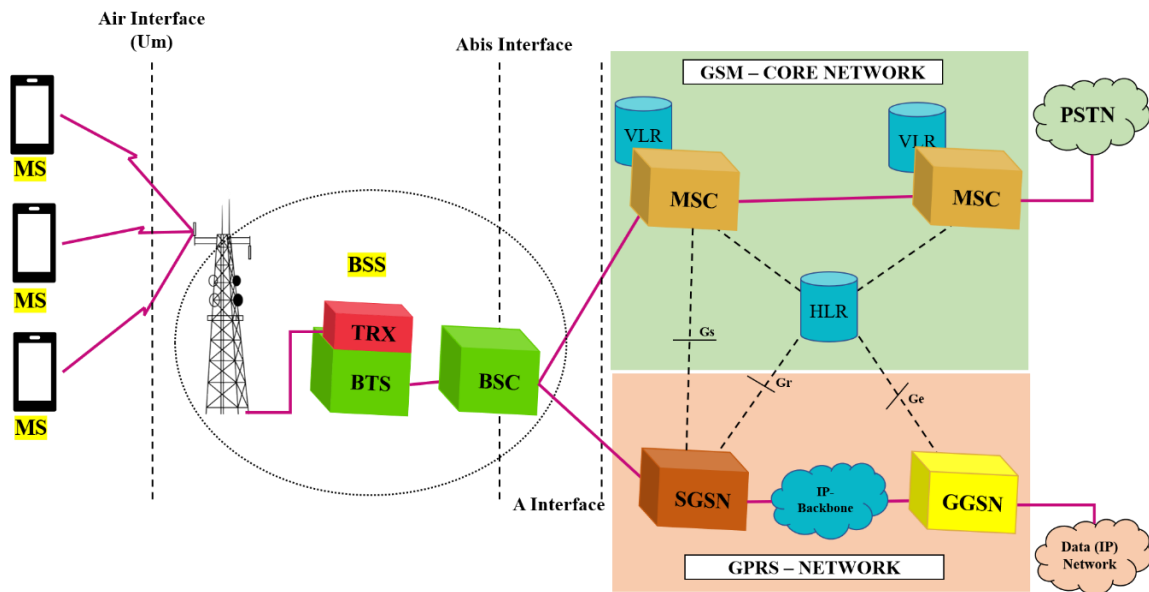
GPRS es una extensión de la arquitectura del estándar GSM que permite el envío de tráfico de datos hacia redes externas mediante conmutación de paquetes. Esta funcionalidad se logra gracias a la adición de nuevos elementos dentro del núcleo de la red (CN) del sistema GSM: el Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte de Entrada de GPRS (GGSN), tal como se ilustra en la Figura 4.

En este sentido, es fundamental comprender la interacción entre los subsistemas en el sistema de GSM para proporcionar un servicio de calidad a los usuarios de la red. Por ello, en base a la investigación realizada por Romero (2009) en la Universidad ICESI, se presenta una descripción detallada de cada subsistema.

En base al artículo de Becvar et al. (2018), la Red de Soporte de Servicios GPRS funciona como un MSC de GSM, pero en conmutación de paquetes. Este nodo se encarga de la entrega de paquetes dentro y fuera del subsistema móvil ubicado dentro de su área de servicio. Además, es responsable de la gestión de movilidad, implementación de QoS, registro de tarificación, autenticación, localización y enrutamiento hacia el GGSN.

Figura 4.

Arquitectura del Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS)



Fuente: Elaboración Propia. Adaptada de *Arquitectura de GPRS* [Barragán Wilians, Flores Adriana, Valentín Jaasiel], 2011, slideshare (<https://es.slideshare.net/DrreckF/gprs-7529983>)

Por su parte, GGSN se encarga del enrutamiento de paquetes de datos entre la red móvil y las redes externas, como internet o redes privadas. Su tarea principal es garantizar la seguridad de la comunicación entre los usuarios de GPRS y las redes externas. Para lograrlo, el GGSN asigna direcciones IP a los dispositivos móviles, permitiéndoles acceder a Internet. (Becvar et al., 2018)

Con esta arquitectura, GPRS ofrece una amplia gama de servicios basados en paquetes de datos. Entre ellos se encuentran el MMS (Servicios de mensajes multimedia), WAP (Protocolo de aplicaciones inalámbricas), PTMP (Servicio punto a multipunto), acceso móvil a internet y correo electrónico, así como acceso a aplicaciones corporativas, servicios de movilidad, entre otros. (Huidobro, 2001)

En resumen, GPRS brinda una variedad de servicios innovadores y adaptables a las necesidades de los usuarios, abriendo nuevas posibilidades en la comunicación y la conectividad móvil.

4.7. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS es un sistema de radionavegación que brinda información precisa y en tiempo real sobre la ubicación de objetos y personas, sin importar las condiciones

climáticas o la ubicación. Este sistema se basa en una red de 24 satélites que orbitan la Tierra y envían señales de radio a la superficie terrestre, permitiendo determinar la posición, el tiempo y la velocidad, entre otros parámetros (López David, 2022).

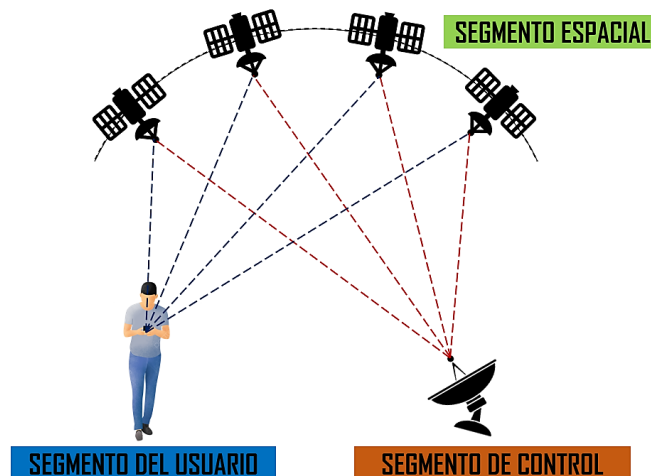
Esta tecnología fue inicialmente desarrollada con fines militares por Estados Unidos, pero gracias a su precisión y fiabilidad de ubicación, hoy en día el GPS se ha convertido en una tecnología esencial en diversas áreas, desde la navegación en vehículos hasta la logística y la investigación científica (Pozo et al., 2000).

4.7.1. *Arquitectura del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*

La estructura del Sistema de Posicionamiento Global, como se ilustra en la Figura 5, se compone de tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario.

Figura 5.

Arquitectura del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)



Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia se encuentra el Segmento Espacial. Se compone por una constelación de satélites de navegación que orbitan alrededor de la Tierra, a una distancia de aproximadamente 20,000 km, con intervalos de movimiento de 12 horas. Para lograr una cobertura global y una mayor precisión, es necesario contar con una cantidad adecuada de satélites que sean robustos y capaces de mantener una órbita constante alrededor de la Tierra (Pozo et al., 2000).

Por su parte, el Segmento de Control está conformado por estaciones de seguimiento y control distribuidas en todo el mundo. Estas estaciones desempeñan

funciones importantes como, el monitoreo y análisis de las señales emitidas por los satélites, actualización de los datos de los elementos, corrección del reloj de los satélites y su posición orbital. Para asegurar una cobertura global y una mayor precisión, las estaciones se encuentran ubicadas cerca del plano ecuatorial (Pozo et al., 2000).

De igual forma, el Segmento del Usuario está compuesto por receptores GPS que reciben señales emitidas por los satélites. A partir de estas señales, los receptores pueden realizar los cálculos necesarios para determinar su propia posición. Sin embargo, es importante destacar que para obtener una posición precisa y determinar la hora exacta, se requiere la recepción de señales de al menos cuatro satélites de navegación (Pozo et al., 2000).

En definitiva, la arquitectura del sistema GPS es fundamental para el correcto funcionamiento y uso de los dispositivos de navegación. Gracias a su precisión y cobertura global, se ha convertido en una herramienta imprescindible con una amplia variedad de aplicaciones.

4.7.2. Funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El sistema GPS opera siguiendo el principio de trilateración como base fundamental de su funcionamiento. Este método se utiliza para determinar la posición de un receptor en la Tierra, y se basa en medir el tiempo de viaje de la señal de radio desde tres o más satélites hasta el receptor (GISGeography, 2022).

La Figura 6, se explica el proceso que se lleva a cabo en el sistema GPS para determinar la ubicación exacta del receptor en distintas situaciones, desde la detección de la señal de un satélite hasta la recepción de señales de múltiples satélites y la obtención de una ubicación precisa.

Si el receptor GPS solo detecta la señal de un satélite, se podrá conocer únicamente la distancia que separa al receptor del satélite, formando así un círculo equidistante en todas las direcciones (STEM LEARNING, 2018). Como resultado, la posición GPS podría estar en cualquier punto de este círculo, tal como se muestra en la Figura 6 (a).

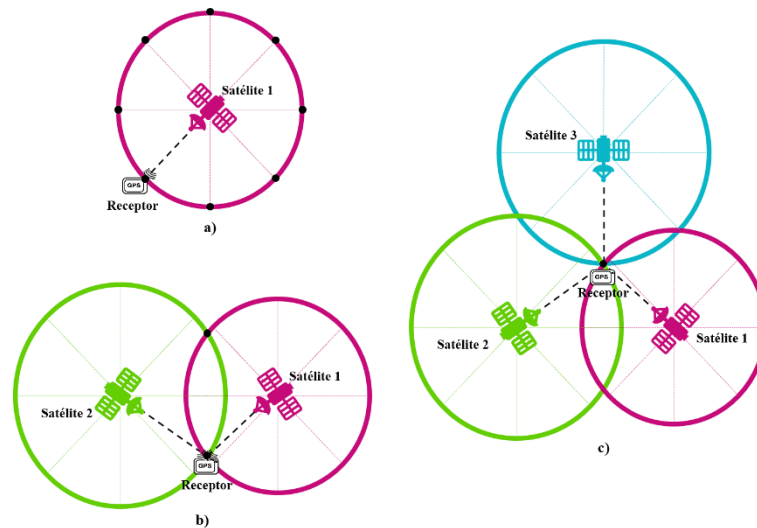
Por otro lado, en la Figura 6 (b) se ilustra la situación cuando el receptor GPS recibe señales de dos satélites, lo que permite obtener dos distancias generadas entre ellos y el receptor. En consecuencia, la posición precisa del receptor puede ser cualquiera de

los dos puntos de intersección donde se cruzan los círculos trazados por las dos esferas (STEM LEARNING, 2018).

En cambio, al recibir señales de tres satélites, como se muestra en la Figura 6 (c), el receptor GPS puede determinar su ubicación precisa. Los tres círculos se interceptan en un solo punto, correspondiente a su ubicación exacta (STEM LEARNING, 2018).

Figura 6.

Funcionamiento del Sistema GPS



Fuente: Elaboración propia.

4.7.3. Servicios del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS tiene dos niveles de precisión que diferencian su uso entre civil y militar. A continuación, se detallan cada uno de estos niveles.

- **Servicio de Posicionamiento Normal (SPS)**

El Servicio de Posicionamiento Normal es el nivel de precisión del GPS que se encuentra disponible para uso civil. Este servicio suministra información altamente precisa de posición, velocidad y tiempo a cualquier usuario que cuente con un receptor GPS compatible con el SPS (Defense, 2008).

No obstante, su nivel de precisión puede verse afectado por diversos factores, como la interferencia de señales, la geometría de los satélites y las condiciones atmosféricas de la Tierra. García (2017) menciona que, estos elementos pueden limitar la exactitud de la posición obtenida a través del SPS, por lo que es importante tener en cuenta al utilizar este servicio.

En definitiva, el SPS es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones civiles, tales como la navegación aérea y marítima, el control del tráfico vehicular, la agricultura de precisión y muchas otras más. Esto demuestra la importancia del SPS como una herramienta clave para mejorar la precisión y eficiencia de diversas actividades cotidianas (García, 2017).

- **Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS)**

El Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) es exclusivo para el uso militar y se enfoca en proporcionar una mayor precisión en la determinación de la posición, velocidad y tiempo. Su objetivo principal es satisfacer las necesidades específicas de las operaciones militares y de seguridad nacional (Castaña, 2012).

Este servicio se distingue del SPS por una cantidad de satélites superior y un control más preciso de los relojes atómicos que se utilizan en el sistema GPS (GAO, 2021). Además, el acceso al PPS requiere de autorización y el uso de equipos especializados, como los receptores militares de GPS. A diferencia del SPS, su utilización está sometida a estrictos controles y regulaciones para evitar el acceso no autorizado o el uso indebido de la información proporcionada (Castaña, 2012).

En conclusión, el GPS se ha consolidado como una herramienta esencial en la actualidad, cuya arquitectura y funcionamiento son fundamentales para su correcta utilización en diversas aplicaciones. Este sistema de navegación ha revolucionado la forma en que nos desplazamos y orientamos en el mundo, gracias a su precisión y alcance, permitiendo el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras en diversas áreas.

4.8. Códigos QR (Quick Response)

Un código QR es una forma de código de respuesta rápida que emplea una matriz bidimensional con cuadros negros sobre un fondo blanco. Al escanearlo con un lector de QR, se puede acceder de forma rápida y fácil a toda la información almacenada en su interior. (Ruoti, 2022)

De acuerdo con Ruoti (2022), la información almacenada en un código QR puede incluir una variedad de tipos de datos, como numéricos, alfanuméricos, y binarios. En la Tabla 2 se proporciona información detallada sobre los diferentes tipos de datos presentes en el código QR.

Tabla 2.

Tipos de Datos en Códigos QR

Tipo de Dato	Tamaño de Caracteres	Ejemplo
Numérico	7089	(0 - 9)
Alfanumérico	4296	Pa\$\$wOrd593
Binario	2953	1010

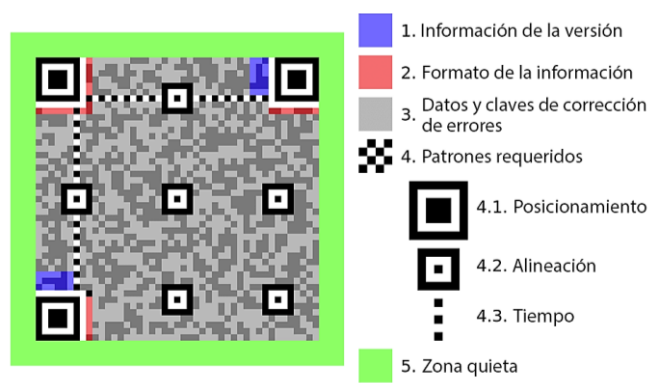
Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Ruoti, (2022)

4.8.1. Estructura de Códigos QR

La estructura de un código QR, como se muestra en la figura 7, se compone principalmente de cinco elementos fundamentales que se describen a continuación.

Figura 7.

Estructura del código QR



Adaptada de *Cosas Que Debes Saber Sobre Los Códigos QR* [Gingles Lucas], 2016, uQR.me (<https://uqr.me/es/cosas-que-debes-saber-sobre-codigos-qr/>)

- **Información de la versión:** Este elemento del código QR identifica la versión específica del mismo. Las versiones varían desde la versión 1, compuesta de 21x21 módulos, hasta la versión 40, que tiene 177x177 módulos. (Gingles, 2016; Mutleq, 2019)
- **Formato de la información:** Este elemento guarda información acerca del nivel de corrección de errores y el patrón de enmascaramiento aplicado (Gingles, 2016). Según Mutleq (2019), existen 8 máscaras disponibles que controlan cómo se distribuyen los módulos en blanco y negro.
- **Datos y claves de corrección de errores:** Este componente del código QR contiene la información principal. Según Mutleq (2019), se describe como una matriz de filas y columnas en la que cada celda representa un número binario (1 y 0).

- **Patrones requeridos:** Estos son los componentes indispensables del código QR, para su correcto funcionamiento y lectura, por lo tanto no deben ser dañados ni ocultos (Gingles, 2016).

En un código QR existen tres patrones principales. El patrón de posicionamiento, que determina la dirección y permite la lectura en 360° del código. El patrón de alineación, que ayudan al escáner QR a corregir la distorsión cuando la imagen del código está curvada. Finalmente, el patrón de temporización, que permite al decodificador determinar el ancho de un código QR. (Gingles, 2016; Mutleq, 2019)

- **Zona quieta:** Esta área dentro del código QR permite separarlo de su entorno, lo cual es crucial para lograr una lectura precisa (Gingles, 2016).

4.8.2. *Tipos de Códigos QR*

Existen varios tipos de códigos QR, cada uno con características específicas. A continuación, se describen algunos de ellos:

- **Modelo 1 y 2:** El Modelo 1 es la versión inicial del código QR, mientras que el Modelo 2 es una versión mejorada, el cual tiene una mayor capacidad para almacenar datos, lo que lo convierte en una opción más versátil (Transeop, 2023).
- **Micro QR:** Representa una versión reducida del código QR. Se puede dimensionar en cuatro tamaños distintos, dependiendo del contenido y del nivel de corrección de errores requerido (Transeop, 2023).
- **SQRC:** Tiene restricciones en la lectura de datos y se utiliza principalmente para administrar información privada e interna de las empresas (Transeop, 2023).
- **Frame QR:** Permite añadir ilustraciones o fotografías sin afectar su contenido. Brinda la posibilidad de personalizar el código QR (Transeop, 2023).

En conclusión, al comprender los antecedentes históricos, la importancia de abordar los trastornos cognitivos asociados con la desorientación y la descripción detallada de las tecnologías utilizadas, hemos establecido una base sólida para el desarrollo de un sistema de geolocalización y rastreo de personas en tiempo real. La integración de estos elementos clave ha dado lugar al diseño de una solución efectiva que tiene el potencial de mejorar la seguridad y el bienestar de las personas en la ciudad de Loja.

5. Metodología

En este capítulo, se especifican los métodos implementados para llevar a cabo el trabajo de integración curricular. Se menciona el contexto en el que se va a trabajar y se detalla el proceso de ejecución del proyecto, los recursos empleados y los participantes involucrados en su desarrollo.

5.1. Contexto

Tomando en cuenta la situación actual del país en cuanto a seguridad ciudadana, se plantea la necesidad de desarrollar un sistema que permita el monitoreo y localización de personas en tiempo real con el objetivo de alertar a las familias en casos de secuestro, pérdida o desorientación del usuario. De esta manera, el proyecto se enmarca en una investigación aplicada, utilizando tecnologías de telecomunicaciones y electrónica para ofrecer una solución efectiva a esta problemática.

5.2. Procedimiento

El objetivo general del presente Trabajo de Integración Curricular consiste en:

- Diseñar y construir un prototipo electrónico de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real a través de una interfaz web o móvil, utilizando tecnología GSM.

Para lograr el objetivo propuesto, se plantearon objetivos específicos que se ejecutaron a través de una serie de actividades, las cuales se describen a continuación:

1. Analizar la estructura y funcionamiento de la tecnología GSM, el sistema global de navegación por satélite GPS y el uso de identificadores por códigos QR.
 - a. Se llevó a cabo una recopilación bibliográfica focalizada en el análisis de información relacionada con el funcionamiento de las tecnologías GSM/GPRS, GPS y códigos QR.
 - b. Se seleccionó las fuentes bibliográficas más relevantes y adecuadas, de toda la información recopilada. Estas fuentes abarcan desde aspectos generales, como conceptos y características, hasta detalles más específicos, como el funcionamiento y la arquitectura relacionados con los temas abordados.

- c. Se definieron los requerimientos básicos para la implementación del prototipo, tomando como referencia los proyectos relacionados con la geolocalización e identificación de personas.
 - d. Se estableció el alcance del proyecto en términos de todas las funciones que el prototipo será capaz de ofrecer al usuario.
 - 2. Diseñar y construir un prototipo electrónico que permita la geolocalización, rastreo e identificación de personas mediante red GSM.
 - a. Se realizó un análisis detallado para determinar los elementos necesarios en la construcción del prototipo electrónico.
 - b. Se estableció la arquitectura del sistema electrónico, la cual consta de 4 bloques principales para su correcto funcionamiento. Estos bloques abarcan el mecanismo de recolección de datos, el procesamiento, la transmisión y la visualización de los datos recolectados.
 - c. Se realizó el diseño esquemático del circuito electrónico utilizando el software Proteus, obteniendo un proceso óptimo en cada subsistema.
 - d. En base al diseño esquemático previamente realizado, se procedió a realizar el ruteo de la PCB.
 - e. Utilizando una herramienta de modelado en 3D denominado SolidWorks, se realizó el diseño externo del prototipo.
 - f. Se utilizó una impresora 3D para fabricar la caja que albergará el circuito. Durante este proceso, se seleccionó un filamento ABS para evitar posibles daños al circuito.
 - 3. Desarrollar e implementar una interfaz web y móvil para la visualización y monitoreo de los datos proporcionados por el prototipo.
 - a. Se analizó y determinó los elementos de software necesarios tanto para la implementación web como para la app móvil, tomando en cuenta calidad y costo.
 - b. Se diseñó la comunicación entre el módulo GSM incorporado en el prototipo y la base de datos de Firebase.
 - c. Se creó el código fuente en el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, el cual posibilita el envío de la ubicación actual del usuario mediante mensajes de texto y a través de la conexión GPRS.
 - d. Se desarrolló la lógica de la aplicación móvil en Flutter para interactuar con los datos almacenados en la base de datos.

- e. Se estableció las funcionalidades del prototipo, como el establecimiento de geocercas, la capacidad de agregar usuarios y el monitoreo de usuario en tiempo real.
 - f. Para mejorar la experiencia del usuario, se diseñó cuidadosamente la interfaz de usuario, ofreciendo una navegación intuitiva y una presentación clara de la información.
 - g. Posteriormente, se elaboró la interfaz web para la interacción del usuario con el sistema.
4. Validar el funcionamiento del prototipo y su sistema de monitoreo, con la finalidad de obtener una precisión favorable del prototipo.
- a. Se realizó las pruebas de funcionamiento individuales de los componentes principales del prototipo, para realizar sus respectivos ajustes y calibraciones.
 - b. Durante el ensamblaje del prototipo, se verificó que todos los componentes electrónicos se encuentren ubicados correctamente.
 - c. Se realizó pruebas de funcionamiento del prototipo para evaluar su correcto desempeño.
 - d. Se verificó el correcto funcionamiento de la aplicación móvil y la interfaz web, asegurándose de que recibieran la información de manera adecuada.
 - e. Se realizó pruebas de envío y recepción de mensajes desde el módulo SIM al teléfono.
 - f. Se realizó pruebas de validación para el módulo GSM en cuanto al envío y recepción de mensajes desde y hacia el teléfono.
 - g. Se realizó pruebas de precisión del módulo GPS para evaluar su desempeño en cuanto al envío de datos de ubicación.
 - h. Se llevó a cabo cálculos de consumo de energía para determinar el tiempo de duración de la batería durante el funcionamiento del sistema.

5.3. Recursos

Para lograr alcanzar los objetivos planteados, se utilizó los siguientes recursos:

5.3.1. Recursos Científicos

- **Revisión de documentación:** se enfoca en la revisión bibliográfica relacionada con la seguridad ciudadana y los dispositivos de localización de personas. Se utilizó para la búsqueda de información sobre tecnologías, módulos de transmisión

y recepción, tarjetas de desarrollo, fuentes de alimentación, módulos de localización y entornos de desarrollo para la aplicación móvil e interfaz web.

- **Método Analítico:** se basa en identificar y descomponer un problema en diferentes partes para investigarlas de forma separada. Posteriormente, se evalúa la interrelación entre ellos (Nirian, 2020). Se empleó para desarrollar de manera segmentada y ordenada los puntos establecidos en los objetivos específicos.
- **Método empírico:** se basa en obtener información a través de la observación y se divide en tres tipos principales: observación, experimentación y medición. En el presente proyecto de titulación se utilizó los siguientes métodos.
 - a) *Experimentación:* Método necesario para realizar la comprobación de cada uno de los bloques que integran el sistema electrónico.
 - b) *Observación:* Utilizado para validar el funcionamiento del prototipo conjuntamente con la interfaz web y móvil.

5.3.2. Recursos Técnicos

- **Herramientas Colaborativas:** Se utilizó la plataforma zoom para la comunicación y trabajo colaborativo entre los integrantes, Google Drive para acceder y compartir archivos en la nube, y Gmail para enviar la documentación adecuada y contrastar información entre el director y los tesistas.
- **Entornos de desarrollo de software:** Para la recolección de datos, se utilizó el IDE de Arduino como entorno de programación. En el desarrollo de la aplicación móvil, se utilizó el marco de desarrollo Flutter. Respecto a la creación de la interfaz web, se utilizó el lenguaje de programación PHP para la implementación de la lógica del negocio, y JavaScript para las funcionalidades adicionales. En cuanto al diseño y experiencia de usuario, se empleó el sistema de gestión de contenidos "WordPress".
- **Software e impresora de modelado 3D:** Para el diseño de la estructura externa del prototipo, se utilizó el software de modelado 3D SolidWorks. Esta herramienta permitió visualizar una vista previa del diseño y, posteriormente, mediante una impresora 3D, obtener la pieza final.

6. Resultados

En este capítulo se abordan los aspectos relacionados con el diseño y construcción del prototipo funcional. Comienza con un análisis integral del sistema, describiendo las funcionalidades y diagrama de flujo del prototipo. A continuación, se lleva a cabo el diseño del circuito electrónico, incluyendo la selección de componentes, la elaboración del diagrama esquemático, la construcción de la placa de circuito impreso, el ensamblaje de los elementos y las pruebas de funcionamiento. Además, se realiza la programación del software necesario para visualizar los datos del prototipo.

6.1. Análisis Integral del Sistema

En esta sección, se busca comprender los aspectos relevantes del sistema. Este análisis abarca la descripción del funcionamiento, las funcionalidades que ofrece y su arquitectura. Al explorar estos elementos de manera integral, se obtiene una visión completa del sistema, sentando las bases para su diseño e implementación.

6.1.1. Descripción del Funcionamiento

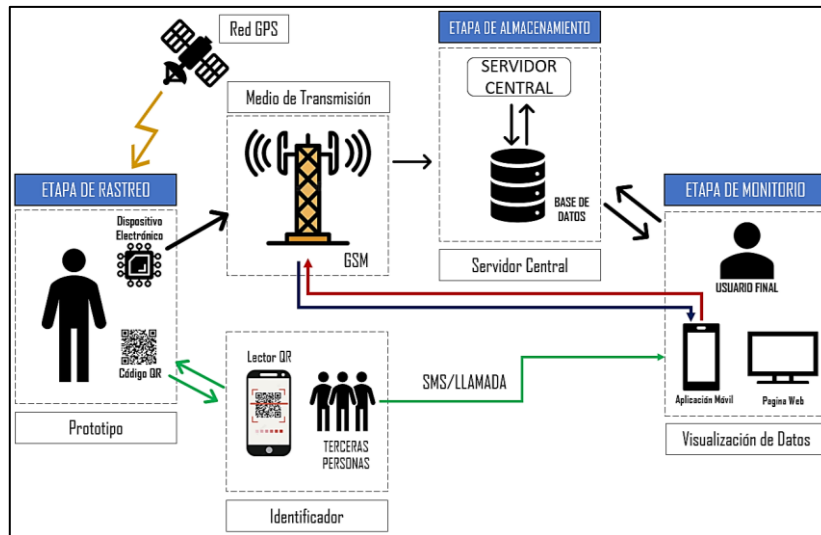
El objetivo de este sistema es brindar un monitoreo efectivo y seguro para los usuarios, a través de diversas características que permiten la geolocalización en tiempo real. A continuación, se presentan las principales funcionalidades del sistema:

- Localización en tiempo real del usuario a través de la aplicación móvil o sitio web.
- Implementación de geocercas o vallas virtuales permitiendo definir límites geográficos personalizados.
- Registro de datos personales del usuario, como nombre, edad, sexo, número de teléfono, enfermedades y tipo de sangre.
- Inclusión de un código QR que contiene el número de contacto del cuidador para casos de emergencia.

En base a las funcionalidades mencionadas, se describe la arquitectura del sistema, desde la captura de datos de ubicación mediante el receptor GPS, hasta el procesamiento y visualización de dicha información en la interfaz de usuario. En la Figura 8, se observa las tres etapas principales: el rastreo, el almacenamiento y el monitoreo. Cada una de estas etapas desempeña un papel crucial en el proceso, permitiendo obtener datos precisos y una mejor gestión de los mismos.

Figura 8.

Arquitectura del Sistema



Fuente: Elaboración propia.

La etapa de rastreo constituye la base del sistema, donde elementos claves trabajan en conjunto para recolectar datos de manera efectiva. El módulo GPS proporciona información precisa de ubicación, mientras que el módulo GSM/GPRS se encarga de transmitir y enviar los datos recolectados. Por su parte, el microcontrolador desempeña un papel fundamental al procesar los datos obtenidos. Estos componentes garantizan el correcto funcionamiento del sistema.

En la etapa de almacenamiento se encuentra la base de datos, encargada de preservar la información. En esta etapa se registran y guardan las coordenadas enviadas por GPRS para realizar un seguimiento preciso de la ubicación. Asimismo, la base de datos almacena la información de identificación de cada usuario proveniente de la aplicación móvil. De esta manera, se asegura el registro de coordenadas y la integridad de los datos personales.

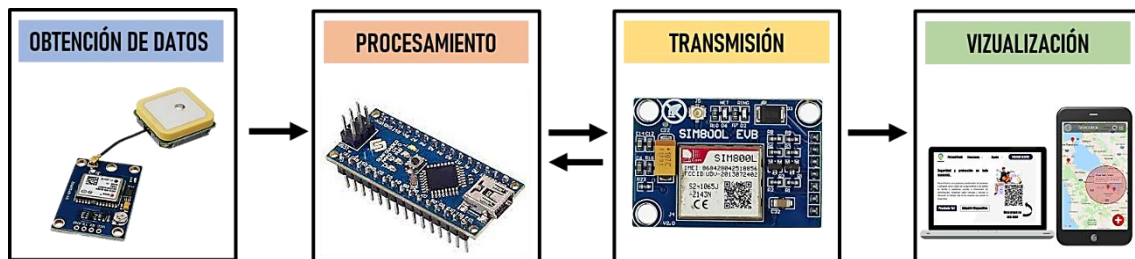
Por último, en la etapa de monitoreo se visualiza la ubicación de las coordenadas almacenadas en la base de datos a través de la aplicación móvil y la página web. También se ofrece la posibilidad de obtener datos de localización mediante mensajes de texto y en casos de emergencia, se ha implementado un lector de códigos QR que permite a terceras personas acceder al número de teléfono del usuario para realizar llamadas o enviar mensajes.

6.1.2. Estructura del Sistema Electrónico

El sistema electrónico se compone de una serie de componentes interconectados que trabajan en conjunto para cumplir con los objetivos del proyecto. La Figura 9 muestra un diagrama de bloques que representa la estructura del sistema del prototipo y los componentes que lo conforman.

Figura 9.

Diagrama de bloques del sistema electrónico



Fuente: Elaboración propia.

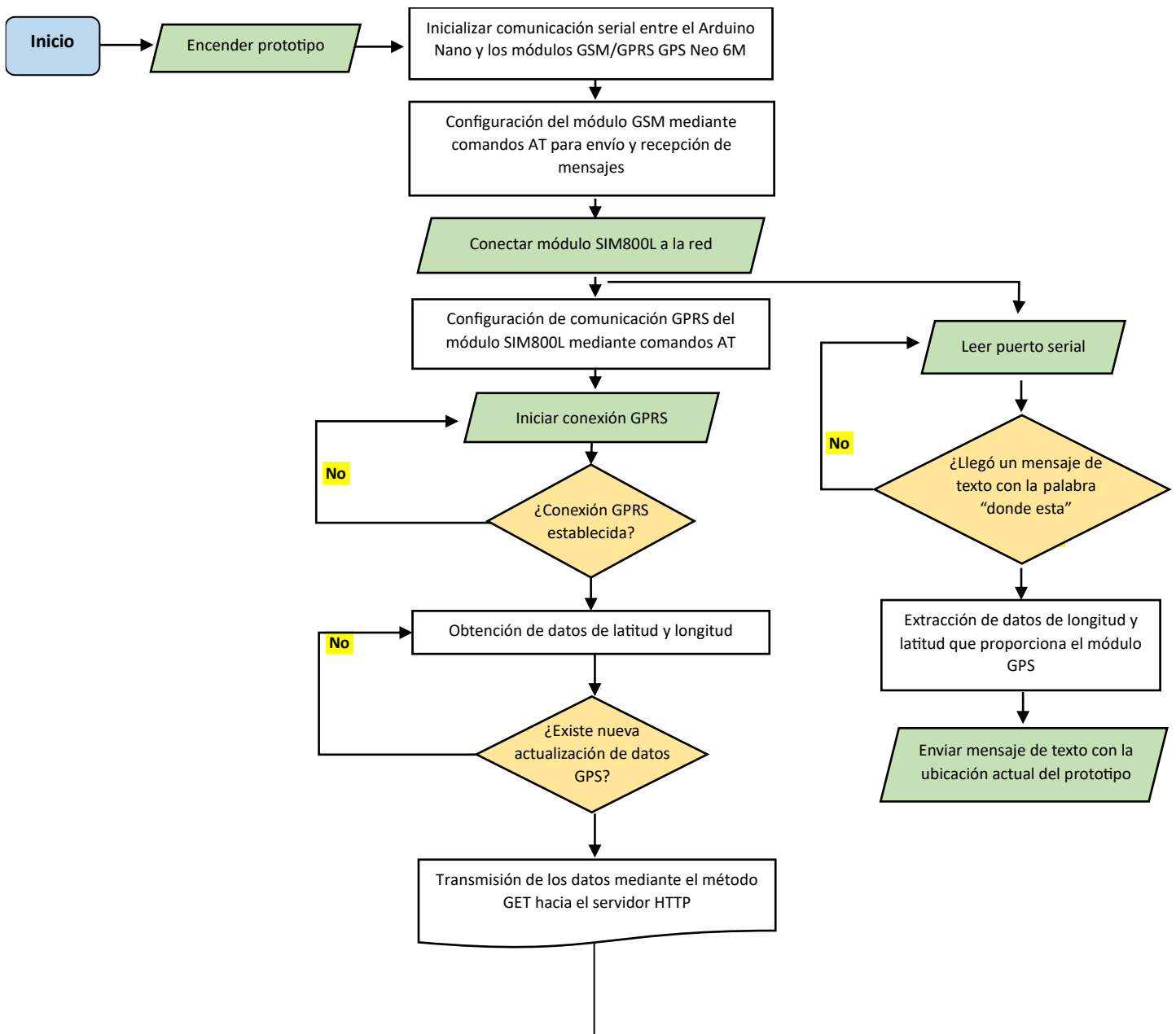
- **Bloque de obtención de datos:** está compuesto por el módulo GPS, encargado de recibir señales de radio emitidas por satélites. Estas señales proporcionan datos de coordenadas geográficas que se transfieren a través de la red GSM/GPRS.
- **Bloque de procesamiento:** mediante el microcontrolador ATmega328 se convierte las señales obtenidas en el bloque anterior en datos útiles para el usuario final. A través de la programación adecuada, se realizan las acciones necesarias para la transmisión de los datos.
- **Bloque de transmisión:** Tiene la funcionalidad de habilitar la comunicación de datos procesados. En primer lugar, permite subir los datos procesados a la nube para su almacenamiento y acceso remoto. Además, facilita la transmisión y recepción de mensajes de texto, permitiendo una comunicación efectiva en tiempo real.
- **Bloque de visualización:** proporciona al usuario dos opciones de visualización: a través de una interfaz web o móvil. Ambas interfaces permiten observar la trayectoria de la persona que utiliza el prototipo, brindando la capacidad de monitorear su ubicación en tiempo real.

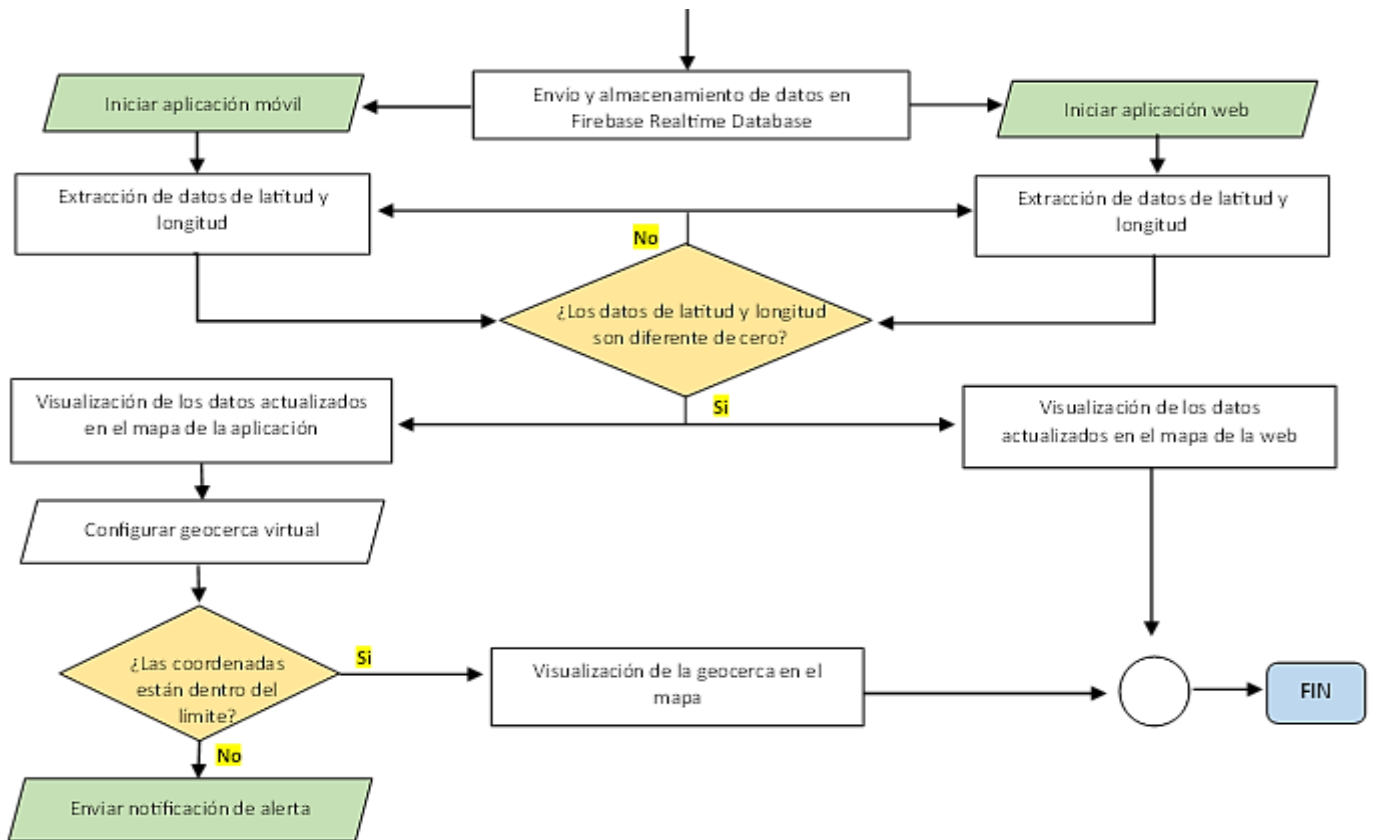
6.1.3. Diagrama de Flujo del Sistema

El diagrama de flujo de la Figura 10, proporciona una representación secuencial del proceso de acciones necesarias para alcanzar los objetivos del prototipo. A través de esta representación gráfica se facilita la comprensión y seguimiento que se efectúa, lo que contribuye a una correcta implementación y funcionamiento.

Figura 10.

Diagrama de Flujo del Sistema





Fuente: Elaboración propia.

6.2. Diseño del Circuito Electrónico

En esta sección, se realiza un análisis detallado de los componentes esenciales del sistema de geolocalización y rastreo, describiendo sus características principales y su interacción. Además, se llevan a cabo diversas pruebas de funcionamiento para evaluar la precisión y eficiencia del circuito electrónico y del sistema en general.

6.2.1. Selección de Componentes




En la selección de los componentes para el prototipo, es fundamental tener en cuenta criterios de tamaño y peso reducidos. Estas características son fundamentales debido a la movilidad constante del dispositivo. Por lo tanto, se debe optar por componentes compactos y ligeros que no comprometan la comodidad ni la funcionalidad del prototipo.

6.2.1.1. Módulo GSM/GPRS. El funcionamiento adecuado del prototipo requiere de un módulo que permita la comunicación a través de la red GSM/GPRS. Este módulo es utilizado para el control del sistema, el envío de información mediante mensajes de texto y a través de internet. Existen en el mercado diversos módulos que

cumplen con estas especificaciones. Por este motivo, se realizó una comparación en la Tabla 3 para seleccionar el módulo que mejor se adapte a los requisitos del prototipo.

Tabla 3.

Comparación de Módulos GSM/GPRS



	GSM/GPRS/GPS SIM808 Shield	GSM/GPRS/GPS SIM808 con placa base Leonardo	Módulo GSM/GPRS SIM800L V2
			
Banda de Frecuencia	Quad-band 850/900/1800/ 1900MHz	Quad-band 850/900/1800/ 1900MHz	Quad-band 850/900/1800/ 1900MHz
Voltaje de entrada	5V ~26V DC	5V ~23V DC	3.4V ~ 5V DC
Voltaje de funcionamiento	5V DC	5V DC	5V DC
Consumo de corriente(máx):	2A	2A	2A
Control	Comandos AT	Comandos AT	Comandos AT
GPS Interno	Si	Si	No
Comunicación	Serial port y USB interface	Serial port y USB interface	Serial UART
Red	GSM/GPRS	GSM/GPRS	GSM/GPRS
Dimensiones	50.13x77.64 mm	73x54 mm	40x28 mm
Peso	31 g	50g	1.35g
Precio	\$40.00	\$75.00	\$25.00

Después de evaluar detalladamente las características de cada módulo, se decidió seleccionar el Módulo SIM800L V2. Destaca en aspectos fundamentales, como su reducido tamaño y peso en comparación con los otros módulos evaluados. Además, su precio es considerablemente más accesible. Estas características convierten al Módulo SIM800L V2 en la opción ideal para la construcción del prototipo.

6.2.1.2. Módulo GPS. Para obtener la ubicación en tiempo real del prototipo, es necesario utilizar un receptor GPS confiable y preciso. En la Tabla 4, se llevó a cabo una comparación exhaustiva de los receptores GPS más utilizados en proyectos de este tipo.

Tabla 4.

Comparación de Módulos GPS

	Ublox NEO-6M	Adafruit GPS Breakout
		
Tensión de operación	3.3 - 5 VDC	3.0 - 5.5 VDC
Consumo en búsqueda	Hasta 67 mA	Hasta 34 mA
Consumo en tracking	11 mA aprox.	29 mA aprox.
Sensibilidad de búsqueda	-148 dBm	-145 dBm
Sensibilidad de tracking	-161 dBm	-165 dBm
Baud rate por defecto	9600 bps	9600 bps
Frecuencia de actualización	Hasta 5 Hz	1 a 10 Hz
Tiempo de inicio primera vez	38 s	34 s
Tipo de antena GPS	Externa de alta ganancia	Integrada al modulo
Dimensiones de antena	25 x 25 mm	15 x 15 mm
Dimensiones de modulo	25 x 35 mm	35.5 x 35 mm
Costo	\$ 25	\$ 50




Entre los dos módulos analizados que funcionan como receptores GPS, se encontraron características muy similares y útiles para garantizar el óptimo funcionamiento del prototipo. Sin embargo, se decidió seleccionar el módulo GPS Ublox NEO-6M debido a su facilidad de adquisición y bajo costo.

6.2.1.3. Placa Arduino. Para utilizar los módulos SIM800L y GPS Ublox NEO-6M seleccionados previamente, se requiere una placa Arduino que funcione como microcontrolador.

Con el fin de elegir la placa Arduino adecuada, se realizó una comparación de tres modelos oficiales en la Tabla 5.

Tabla 5.

Comparación de Placas Arduino

	UNO R3	NANO	PRO MINI
			
Microcontrolador	ATmega328P	ATmega328P	ATmega328P
Voltaje de entrada	7-12 V	7-12 V	7-12 V
Tensión de Funcionamiento	5 V	5 V	5 V
Consumo de energía	50 mA	19 mA	5 mA
Memoria flash	32 KB	32 KB	32 KB
EEPROM	1 KB	1 KB	1 KB
Pines de E/S digital	14/6	14/6	14/6
Pines PWM	6	6	6
USB	USB-B	Mini-USB	NO TIENE
Puerto UART	1	1	1
Tamaño	68x53 mm	45x18 mm	30x18 mm
Peso	25 g	7 g	2 g
Precio	\$ 20	\$ 12	\$ 10

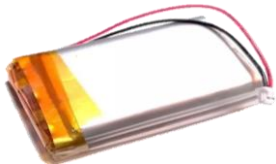
Se optó por utilizar la placa Arduino Nano debido a sus características sobresalientes. Con un diseño compacto, se adapta perfectamente a proyectos que requieren minimizar el espacio ocupado. También, incluye un puerto mini USB integrado, lo que facilita la programación y conexión con otros dispositivos. Además, comparte características similares a otras placas muy utilizadas, como el Arduino Uno, lo que garantiza una amplia compatibilidad con recursos y librerías.

6.2.1.4. Baterías Recargables en Polímero de Litio. Para la alimentación del prototipo, se decidió utilizar baterías recargables de polímero de litio. Estas baterías son conocidas por ser livianas y tener una alta capacidad de almacenamiento de energía. Utiliza un polímero semisólido de alta conductividad como electrolito, haciéndolas más ligeras, delgadas y compactas. Estas propiedades las hacen ideales para su uso en dispositivos pequeños con limitaciones de espacio interior.

En el presente caso, se ha optado por utilizar una batería LiPo de 7.4 V y 1800 mAh. Las características más relevantes de esta batería se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6.

Características de la batería LiPo de 7.4 V 1800 mAh

LiPo de 7.4 V 2S-1800 mAh	
	
Voltaje	7.4 V DC
Capacidad	1800 mAh
Potencia	3.7 Wh
Límite máximo de carga de corriente	Pico: 3 A Constante: 1 A
Conector	JST PHR-2 Pitch 2mm
Dimensiones	50 mm x 30 mm x 11 mm

6.2.1.5. Módulo de Carga para Batería. Para la carga de la batería LiPo de 7.4V y 1800mAh, se utilizó el módulo DDTCCRUB. La elección de este módulo se basa en su capacidad de adaptarse a un voltaje de carga de 8.4V, especialmente diseñado para este tipo de batería.

Una de las ventajas destacadas del módulo es su circuito de protección integrado contra sobretensión de la batería. Este permite gestionar eficientemente voltajes de entrada más altos sin comprometer la vida útil del módulo. La Tabla 7 presenta las características más importantes del módulo.

Tabla 7.*Características del módulo DDTCCRUB***Módulo DDTCCRUB**

Tipo de carga	lineal
Voltaje de alimentación	3 - 6 V DC
Tensión de carga completa	8,4 V
Corriente	1A
Interfaz de entrada	Micro-USB
Temperatura de trabajo	-40 a + 85°C
Indicador LED	CR: cargando; OK: carga finalizada
Dimensiones	39mm x 18mm x 6,3mm

6.2.1.6. Módulo Regulador de Tensión. El módulo a utilizar es el MP2307DN Mini-360, que permite regular el voltaje de la batería lipo de 7.4v, ya que nos proporciona un voltaje de salida de 0,8v a 17v DC, es decir, menor al voltaje de entrada. Esta tensión de entrada está comprendida de 4.75 hasta 23V con la capacidad de manejar una corriente de carga de hasta 1.8 A de manera constante y en picos altos puede soportar hasta 3A durante un corto tiempo. En la tabla 8 se muestra las características más importantes.

Tabla 8.*Características del módulo MP2307DN Mini-360***Módulo MP2307DN Mini-360**

Voltaje de alimentación	4.75-23VDC
Voltaje de salida	1-17VDC
Corriente	1.8A
Eficiencia de conversión	96% máx.
Temperatura de trabajo	-40 a + 85°C
Dimensiones	17 x 11 x 4 mm

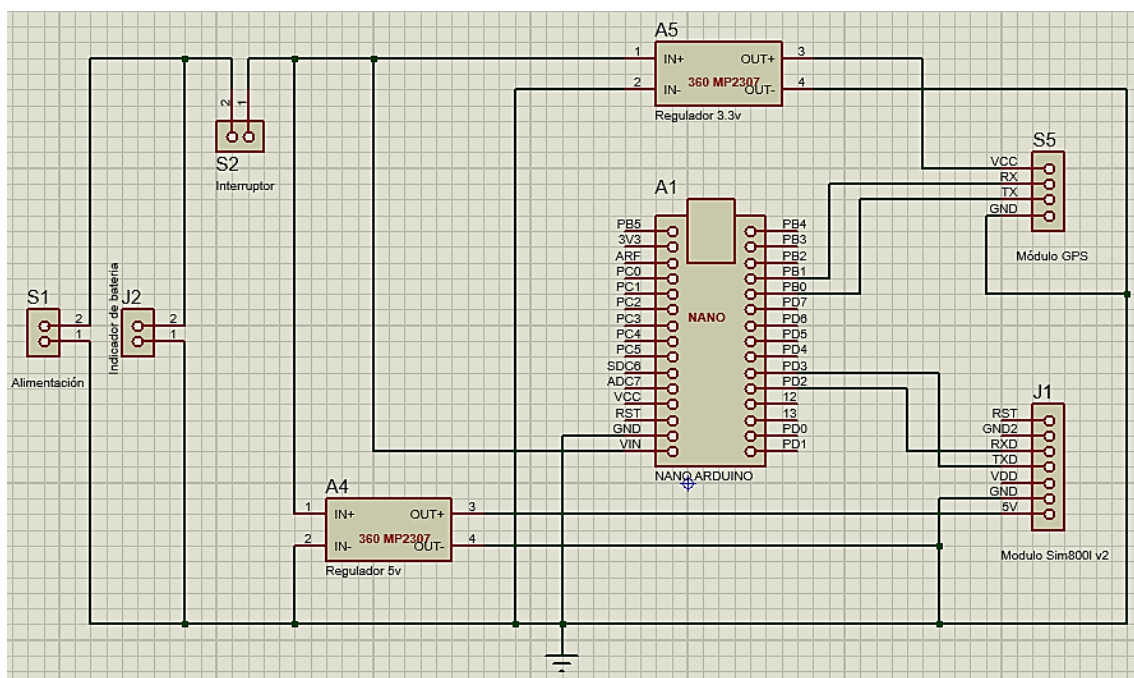
6.2.2. Diagrama y Conexiones del Prototipo

En esta sección, se presenta en detalle las conexiones realizadas dentro del prototipo, abordando aspectos fundamentales para comprender su configuración y funcionamiento. Se incluye el diagrama esquemático que muestra las conexiones generales, así como las conexiones específicas del módulo SIM800L, el módulo GPS Neo-6M y las conexiones adicionales implementadas en el proyecto. El análisis de estas conexiones proporciona una visión clara e integral de cómo los diferentes componentes y módulos se interconectan dentro del prototipo.

6.2.2.1. Diagrama Esquemático de las Conexiones del Prototipo. Los módulos GPS Neo-6M y SIM800L están conectados a la placa de desarrollo Arduino Nano. EL microcontrolador funciona a una tensión de 5V y permite introducir una tensión de entrada entre 7V y 12V a través del pin VIN. En la Figura 11 se puede observar que se utiliza los pines D8 y D9 para establecer la comunicación serial con el receptor GPS, mientras que los pines D2 y D3 para la transmisión y recepción de datos a través del módulo GSM/GPRS.

Figura 11.

Diagrama esquemático de conexiones del prototipo

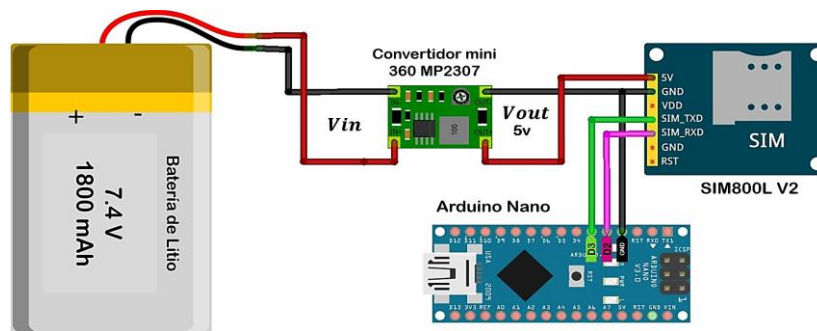


Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2. Conexiones del Módulo SIM800L. El módulo opera en un rango de voltaje de 3.4 V a 5 V. Para su alimentación, se utilizó un convertidor de tensión que reduce la batería de litio de 7.4 V a 5 V. Tal como se muestra en la Figura 12, el voltaje de salida del regulador se conecta al pin VCC, mientras que la conexión a tierra se realiza a través del pin GND del módulo SIM800L. Además, se establece la comunicación serial conectando los pines RXD y TXD a los pines D2 y D3 de la placa Arduino Nano.

Figura 12.

Diagrama de conexiones del módulo SIM800L

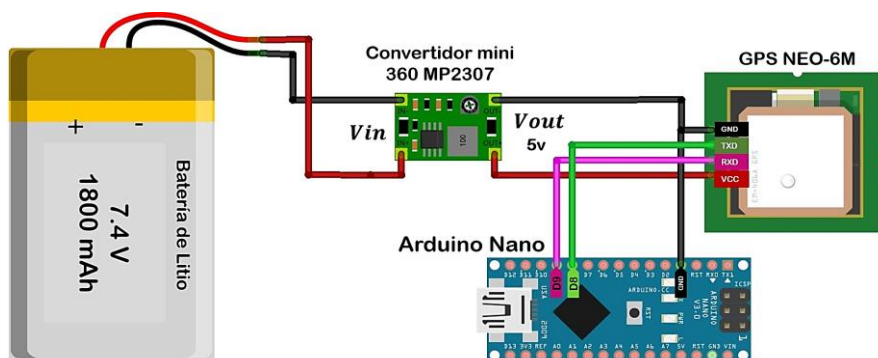


Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3. Conexiones del Módulo GPS Neo-6M. El módulo GPS Neo-6M requiere una alimentación de 3 a 5 V, lo cual implica la necesidad de reducir el voltaje suministrado por la batería de litio de 7.4 V. Para lograr esto, se empleó un convertidor de voltaje con características similares al regulador utilizado para el módulo GSM. En la Figura 13 se puede apreciar que este convertidor fue ajustado para obtener una tensión de salida de 3.3 V, la cual se conectó a los pines VCC y GND del módulo.

Figura 13.

Diagrama de conexiones del módulo GPS NEO-6M



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, para establecer la comunicación, se realiza la conexión de los pines RX y TX del módulo con los pines digitales D8 y D9 del Arduino Nano, respectivamente. Asimismo, se asegura una correcta conexión a tierra al conectar el pin GND del módulo a una tierra común.

6.2.2.4. Conexiones Adicionales. Se utilizó el módulo DDTCCRUB para restablecer la carga de la batería. Este módulo se conecta mediante un puerto USB de tipo C con un voltaje de entrada de 3V a 6V. Cuenta con dos pines de salida, BAT y GND, que se conectan al cable positivo y negativo de la batería de litio.

Además, para mostrar la capacidad y el estado de la batería se utilizó un módulo indicador de capacidad de batería de litio de 2S. Para su conexión, se enlaza el puerto positivo y negativo de la placa de visualización con los puertos correspondientes de la batería. Por último, se incorpora un interruptor directamente a los terminales positivo y negativo de la batería de litio, con el fin de encender o apagar el circuito electrónico.

6.2.3. Programación del Prototipo en el IDE Arduino

Después de completar las conexiones y configuraciones necesarias de los módulos GSM/GPRS y GPS, se procedió a desarrollar el código fuente que engloba los tres primeros bloques que componen la estructura del sistema del prototipo electrónico visto en el apartado 6.1.2. El código fuente, tiene como objetivo integrar de manera eficiente y coherente el funcionamiento de estos bloques, permitiendo un flujo de datos óptimo y una transmisión exitosa.

En la programación, se utilizaron tres librerías específicas para garantizar el funcionamiento del sistema. La primera de ellas es TinyGPS++, que se encarga de extraer los datos de ubicación del GPS de manera precisa y confiable. La segunda librería es SoftwareSerial, utilizada para habilitar la comunicación en serie en pines digitales diferentes de TX y RX del Arduino. Por último, se implementó AltSoftSerial, la cual posibilita la transmisión y recepción simultánea de datos en varios pines.

El código se estructura en funciones, cada función se encarga de realizar una tarea particular dentro del sistema, contribuyendo al desarrollo eficiente y estructurado del prototipo electrónico:

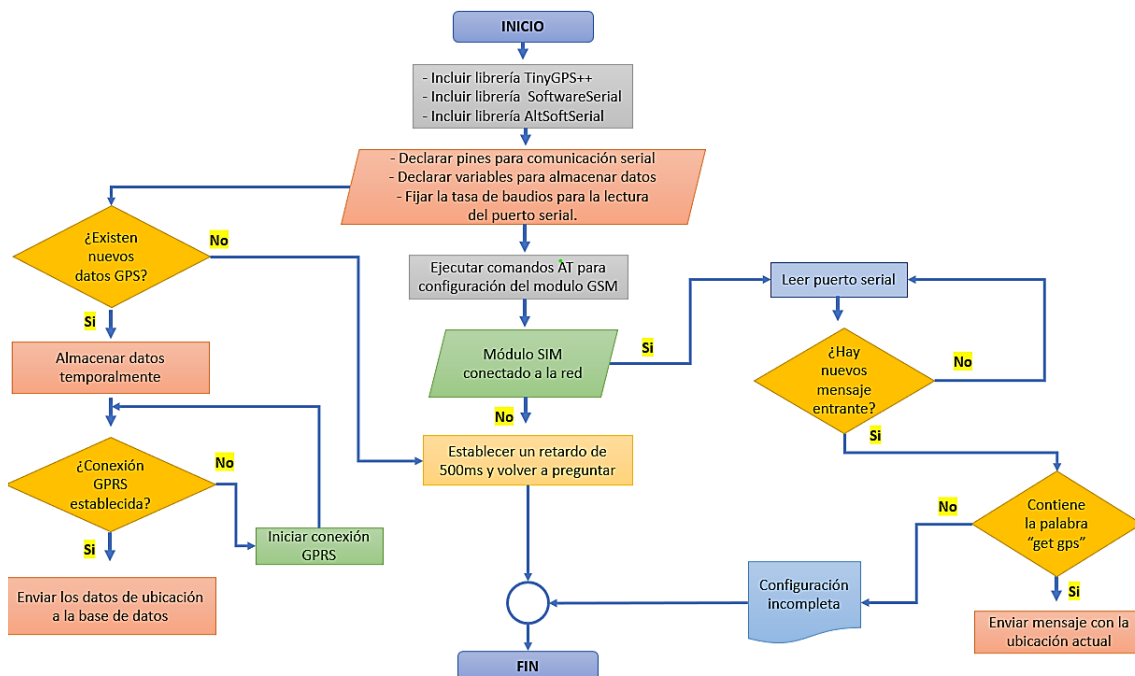
- ***Función parseData:*** permite obtener la ubicación actual del usuario sin necesidad de acceder a la aplicación. Al enviar un mensaje SMS con el contenido "donde esta", la función se activa y recopila los datos de ubicación necesarios.

- **Función getGps:** extrae datos de latitud y longitud en tiempo real. Estos datos son enviados a otras funciones que los requieren, permitiendo su utilización para diversas operaciones y cálculos en el sistema.
- **Función send_to_server:** se encarga de enviar los datos de ubicación a la base de datos en intervalos regulares de 2 minutos. Esta periodicidad asegura que la información de ubicación se mantenga actualizada en la base de datos.
- **Función sendSms:** es responsable de enviar un mensaje de ubicación al número de teléfono del destinatario especificado. Permite compartir la información de ubicación de manera rápida y eficiente.

La figura 14 proporciona una representación visual del diagrama de flujo que describe la estructura del código fuente del prototipo electrónico. Por otro lado, el código implementado se encuentra detallado y disponible en el Anexo 1.

Figura 14.

Diagrama de flujo del código fuente



Fuente: Elaboración propia.

Para garantizar una transmisión efectiva de datos, se implementó un paso adicional en el proceso. Se optó por utilizar Firebase Realtime Database como base de datos, ya que ofrece la capacidad de almacenar y sincronizar datos en tiempo real.

Para establecer una conexión con Firebase, es necesario utilizar el protocolo HTTPS, que garantiza la seguridad de la transferencia de datos mediante encriptación. Sin embargo, el módulo GSM no es compatible con HTTPS, lo que supuso un desafío para lograr una comunicación segura y confiable entre el sistema y Firebase.

Para abordar este problema, se implementó una solución que implicó redirigir los datos a un servidor compatible con HTTP. En otras palabras, los datos recopilados por el módulo GPS se alojaron en un servidor HTTP utilizando el módulo SIM800L V2, y luego se enviaron a Firebase mediante un script PHP, cuyo detalle se muestra en la Figura 15. Por otro lado, la transferencia de datos desde el Arduino Nano al servidor 000Webhost se llevó a cabo utilizando el método GET.

Figura 15.

Script de alojamiento de datos en 000Webhost

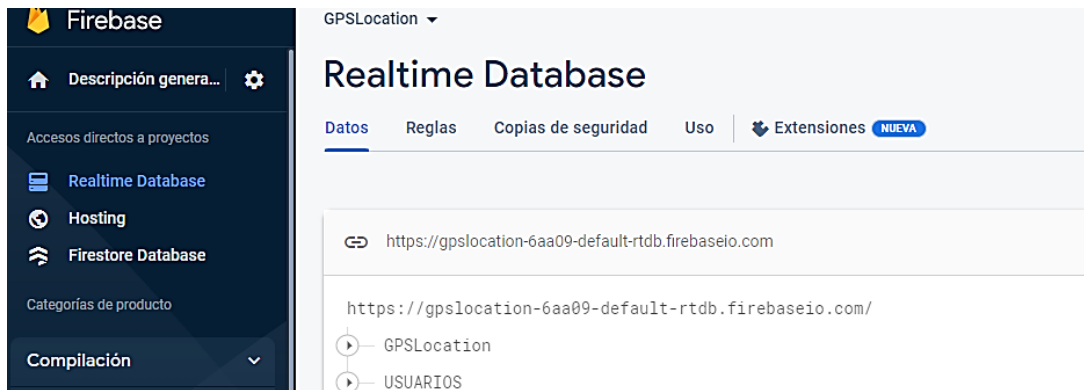
```
2
3 requiere 'firebaseLib.php' ;
4
5 //Identificación del dispositivo = $_GET["1"];
6 $latitud = $_GET [ "lat" ] ;
7 $longitud = $_GET [ "lng" ] ;
8
9 const DEFAULT_URL = 'https://ubicacióngps-6aa09-default-rtdb.firebaseio.com/' ;
10 const DEFAULT_TOKEN = 'fLxHr7iaAeFTACqnCjuIIy1vxxoqqr71KJBtgVb5' ;
11 $DEFAULT_PATH = 'GPSLocation/UBICACION' ;
12
13 date_default_timezone_set ( 'Asia/Calcuta' ) ;
14
15 $estado del dispositivo = matriz (
diec   'latitud' => $latitud + 0.0 ,
17     'longitud' => $longitud + 0.0 ,
18 ) ;
19
20 $firebase = new \ Firebase \ FirebaseLib ( URL_DEFAULT , TOKEN_DEFAULT ) ;
21
22 $firebase -> actualizar ( $DEFAULT_PATH , $_devicestatus ) ; // para una nueva entrada cada vez
23
24 // Para actualizar el mismo campo, use "actualizar" en lugar de "empujar"
25
26 imprimir ( "POST_SUCCESSFUL" ) ;
```

Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de redirección de los datos a Firebase, se requiere el uso de una URL, una clave de autenticación y el nombre de la colección donde se alojarán los datos. Para llevar a cabo este procedimiento, se comienza creando un nuevo proyecto en Firebase y posteriormente, se crea la base de datos en Realtime Database, tal como se muestra en la Figura 16. Estos pasos iniciales permiten establecer la configuración necesaria para la correcta conexión entre el sistema y Firebase.

Figura 16.

Creación de la base de datos en Firebase



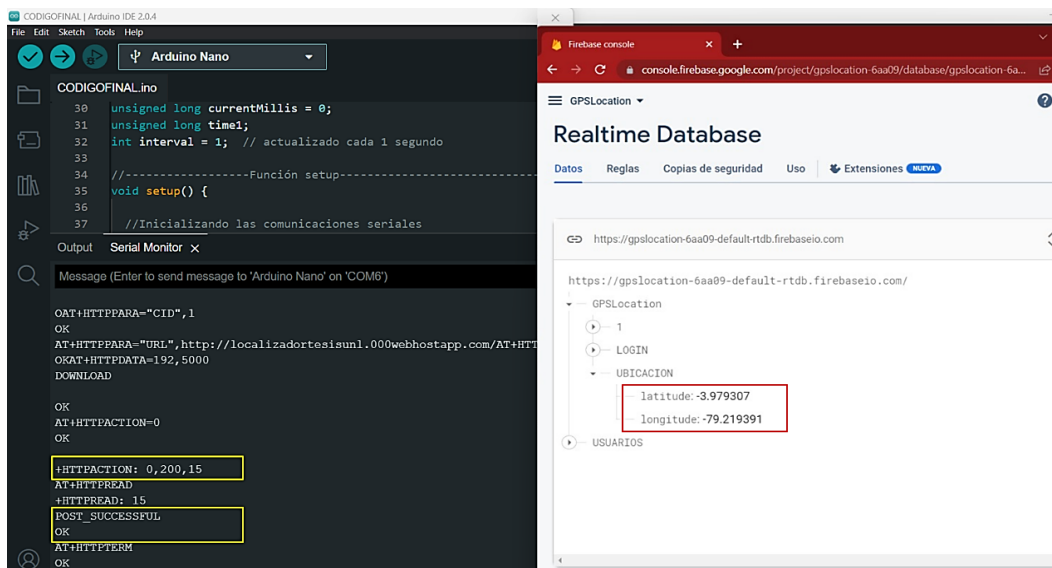
Fuente: Elaboración propia.

Una vez creada la base de datos en Firebase, es importante verificar la conexión con el servidor 000Webhost. Para confirmar la transmisión exitosa de los datos desde la tarjeta Arduino, se espera una respuesta de código 200 en el monitor serial.

Asimismo, se debe recibir una respuesta del servidor que indique "POST SUCCESSFUL" para asegurar que los datos han sido recibidos correctamente. En la Figura 17 se muestra el proceso de establecimiento de la conexión hacia el servidor HTTP.

Figura 17.

Transferencia de datos hacia el servidor 000Webhost



Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se puede confirmar que los datos recolectados están alojados en el servidor 000Webhost y se redirigen automáticamente a la base de datos correspondiente. En la parte derecha de la Figura 17, se proporciona una visualización de los datos de coordenadas, los cuales se actualizan de manera constante a medida que el prototipo se desplaza y cambia de posición. Esto garantiza un seguimiento preciso y en tiempo real de la ubicación del prototipo.

6.2.4. Pruebas de Funcionamiento del Circuito Electrónico

En esta sección, se presentan los procedimientos y pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto de titulación. El objetivo principal fue identificar posibles fallos y mejorar el prototipo implementado.

6.2.4.1. Prueba del Módulo GPS Neo-6M. Se realizó la configuración del módulo GPS y se verificó la correcta recepción y procesamiento de las señales satelitales.

La lectura de las señales satelitales se lleva a cabo mediante la comunicación serial. Inicialmente, como se ilustra en la Figura 18, se empleó el protocolo NMEA (Asociación Nacional de Electrónica Marina) para extraer los datos del GPS. En el Anexo 2 se incluye el código fuente utilizado para este proceso, así como el significado de las variables de la sentencia estándar \$GPRMC, que se utiliza para recibir los datos GPS.

Figura 18.

Extracción de datos GPS a través del protocolo NMEA

```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM5')
$GPGGA,1,0358.76658,S,07913.17043,W,1,1,0.0,M,0.0,0.0,0000.0,0.0,0.0,0000.0
$GPRMC,2.1,A,17.0358,S,103.17043,W,0.0,A,0.0,M,0.0,A,0.0,E,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0
$GPVTG,0.0,T,0.0,M,0.0,N,0.0,K,A*20
$GPGGA,1,0358.76630,S,07913.17001,W,1,04,4.04,2146.8,M,8.9,M,0.0,0000.0
$GPGSA,A,3,01,14,03,06,07,08,09,10,11,12,00,00,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0
$GPGSV,2,1,07,01,08,027,34,03,26,078,17,14,31,005,29,17,22,337,25*77
$GPGSV,2,2,07,19,22,306,07,27,07,29,07,12*4E
$GPGGA,1,0358.76630,S,07913.17001,W,1,171836.00,A,A*6D
$GPRMC,171837.00,A,0358.76643,S,07913.16973,W,1.788,,210423,,,A*7C
$GPVTG,,T,,M,1.788,N,3.311,K,A*25
$GPGGA,171837.00,0358.76643,S,07913.16973,W,1,04,4.04,2146.9,M,8.9,M,0.0,0000.0
$GPGSA,A,3,17,01,14,03,,,,,,,,,6.21,4.04,4.71*04
$GPGSV,2,1,07,01,08,027,32,03,26,078,18,14,31,005,29,17,22,337,24*7F
$GPGSV,2,2,07,19,22,306,,27,,08,29,,12*46
$GPGGA,0358.76643,S,07913.16973,W,171837.00,A,A*65

```

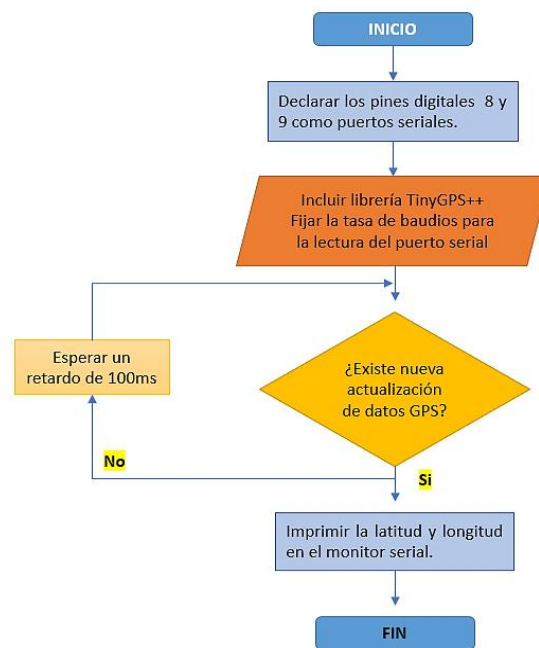
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, debido a las características del protocolo NMEA no es posible obtener la ubicación actual del dispositivo de forma directa. En su lugar, el GPS proporciona tramas de datos que contienen información diversa, como coordenadas de posición (latitud, longitud), hora de actualización, orientación, porcentaje de batería interna y entradas análogas, entre otros.

Por ello, se utiliza la librería TinyGPSPlus, que facilita el análisis de flujos de datos NMEA recibidos del módulo GPS. Esta librería permite extraer las variables necesarias para obtener la ubicación del dispositivo, como la latitud y la longitud. En la Figura 19 se muestra el diagrama de flujo del código implementando esta librería.

Figura 19.

Diagrama de flujo para la extracción de datos GPS

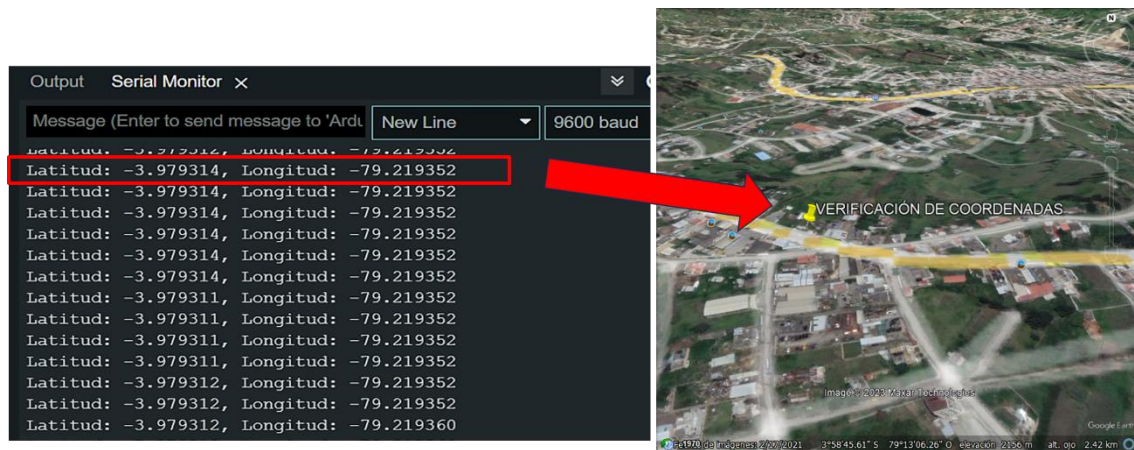


Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron pruebas de funcionamiento del módulo GPS con el código fuente cargado en la tarjeta Arduino Nano. Estas pruebas se llevaron a cabo de forma individual para verificar el formato correcto de las coordenadas entregadas a través del monitor serial del Arduino IDE. Además, se validaron los datos de ubicación (latitud y longitud) utilizando la aplicación de Google Earth, corroborando que la información recibida corresponde al lugar indicado. Los resultados de las pruebas se muestran en la Figura 20.

Figura 20.

Verificación de la extracción de coordenadas del módulo GPS



Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.2. Prueba del Módulo SIM800L. Se configuró el módulo GSM/GPRS y se verificó la conexión exitosa a la red utilizando la operadora Claro. Para realizar esto el módulo cuenta con un LED indicador que muestra el estado de la red móvil. Según la velocidad de parpadeo, se pueden distinguir tres estados principales:

- *Parpadeo cada 1s:* el módulo se encuentra encendido, pero sin establecer conexión con la red móvil.
- *Parpadeo cada 2s:* indica que la función GPRS del módulo está activada y lista para la transmisión de datos.
- *Parpadeo cada 3s:* El módulo está conectado a la red móvil, lo que permite realizar llamadas, así como enviar y recibir mensajes de voz o SMS.

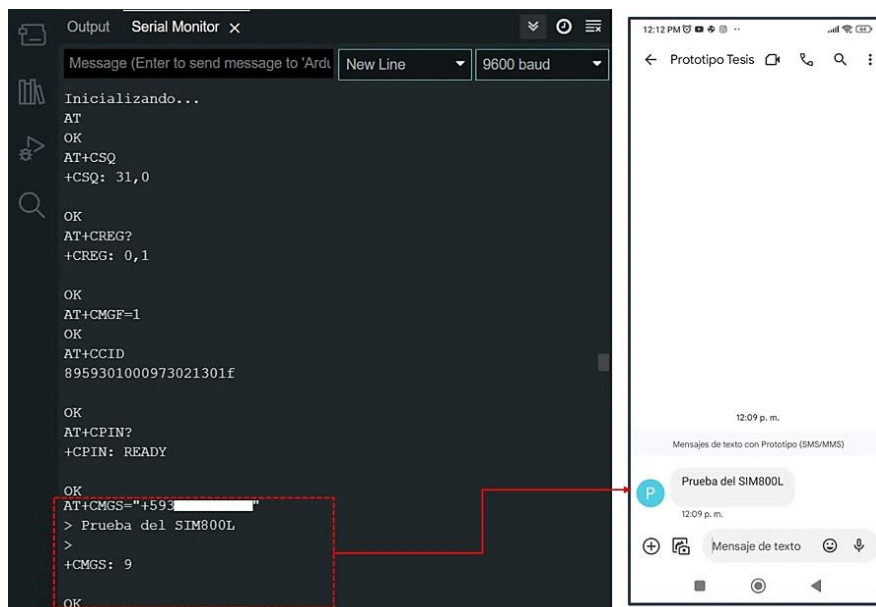
Después de establecer la conexión entre la SIM800L V2 y la red móvil, se configura el módulo mediante comandos AT en el software Arduino IDE. El código fuente está disponible en el Anexo 3. A continuación, se presenta una serie de comandos utilizados para validar su correcto funcionamiento, el cual se muestra en la Figura 21.

- **AT:** es fundamental para verificar la conexión del módulo a la red y ponerlo en modo comando. Al enviar el comando, el módulo SIM800L V2 responderá con un OK si todo está configurado correctamente.
- **AT+CSQ:** comprueba la intensidad de la señal del dispositivo. Es importante comprobar esta condición, ya que una señal débil puede afectar la calidad de la voz y el rendimiento de los datos.

- AT + CREG?: brinda información sobre el estado de registro en la red. Es necesario verificar que el valor de registro sea 1 (registrado en la red doméstica) o 5 (registrado en la red de roaming). En caso contrario, significa que el módulo no está registrado en ninguna red y no podrá realizar ninguna función.
- AT+CMGF=1: se utiliza para configurar el formato del mensaje en modo texto, lo cual habilita el envío y recepción de mensajes de texto. Si el módulo es compatible, responderá con un OK.
- AT + CMGS = "XXXXXXXXXXXX": se utiliza para enviar mensajes de texto. Si el mensaje se envía correctamente al destinatario, el módulo responderá con un OK. En caso contrario, se imprimirá ERROR.
- AT + CPIN: se utiliza para consultar si la tarjeta SIM requiere un código PIN para su funcionamiento. *CPIN: LISTO* indica que la tarjeta está lista para su uso sin necesidad de un código. *CPIN: SIM PIN* indica que se requiere un código pin para acceder a la tarjeta. En caso de errores relacionados con la tarjeta SIM, se devuelve la respuesta ERROR.

Figura 21.

Pruebas del módulo SIM800L mediante el uso de comandos AT



Fuente: Elaboración propia.

6.3. Circuito Impreso y Diseño en 3D

La elaboración de la placa de circuito impreso y el diseño en 3D del prototipo son dos aspectos fundamentales en el desarrollo del prototipo electrónico. La placa de circuito impreso garantiza la correcta conexión y funcionamiento de los componentes, mientras que el diseño en 3D permite visualizar el aspecto físico y la disposición de los elementos.

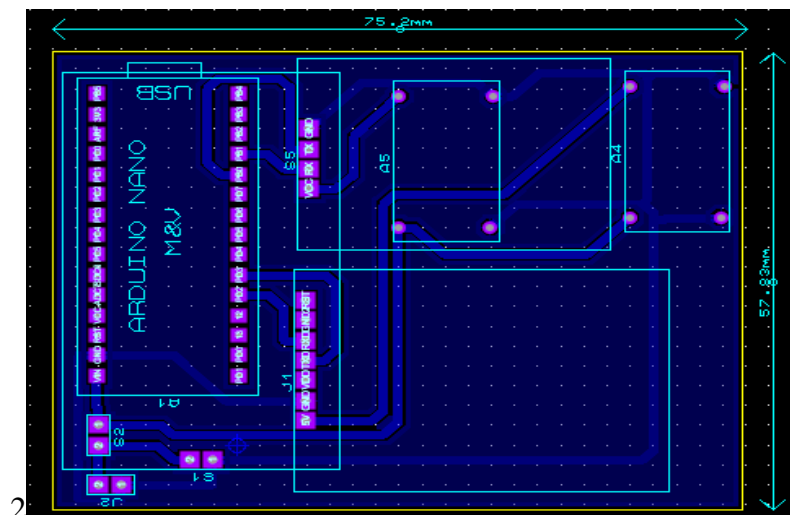
6.3.1. Diseño y Elaboración de Placa de Circuito Impreso

La creación de una PCB involucra diversas etapas, como el diseño del esquema eléctrico, disposición de los componentes, el enrutamiento de las pistas de conexión y ensamblaje del prototipo. Este proceso garantiza la funcionalidad y confiabilidad del circuito, así como su optimización en términos de tamaño y rendimiento.

6.3.1.1. Diagrama de la PCB y Enrutamiento de Pistas. Al diseñar la placa de circuito impreso (PCB), se llevó a cabo la disposición estratégica de los componentes, definiendo su ubicación y trazado de conexiones. Durante este proceso, se consideraron aspectos importantes como el tamaño de la PCB, el diseño de las pistas y la colocación precisa de los elementos. Se comenzó con la creación del esquema del circuito electrónico utilizando el software de Proteus, como se muestra en la Figura 11. A partir de este esquema, se procedió al enrutamiento de la PCB para obtener el diseño final de la placa tal como se observa en la Figura 22.

Figura 22.

Enrutamiento de la PCB en Proteus

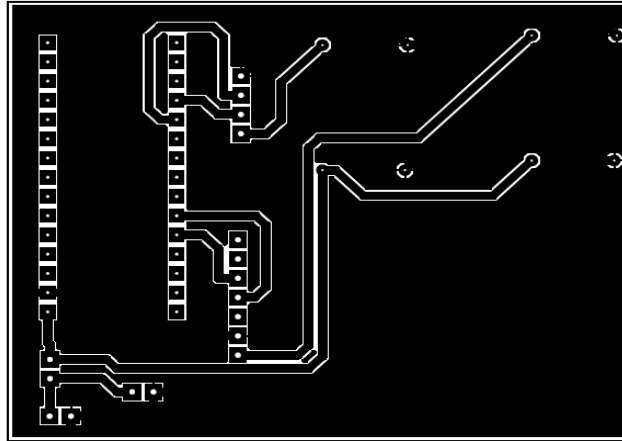


Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el diseño, se genera el archivo PDF que contiene la documentación técnica esencial para la fabricación y ensamblaje de la placa. Este archivo incluye información detallada sobre la disposición de los componentes, las conexiones de las pistas y las capas utilizadas, tal como se muestra en la Figura 23.

Figura 23.

Generación del Archivo PDF para la placa del circuito impreso

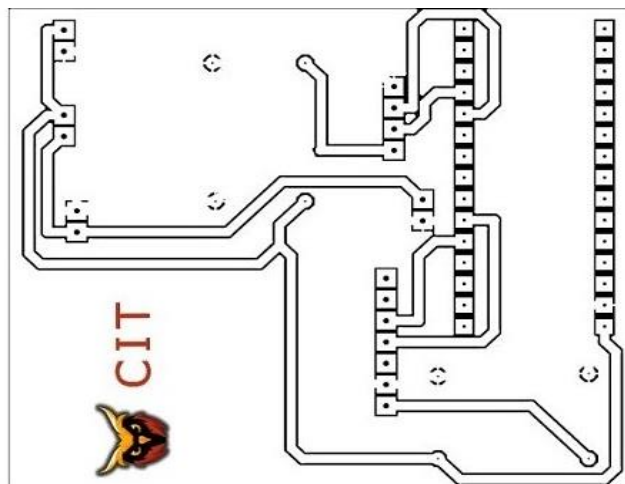


Fuente: Elaboración propia.

La vectorización de la imagen en el diseño del PCB es un paso necesario para convertir a un formato adecuado el diseño del circuito. Esto se logra utilizando el software CorelDraw, que convierte la imagen de formato rasterizado (píxeles) a un formato vectorizado (trazos y curvas), como se muestra en la Figura 24. Esta conversión permite definir con mayor precisión las dimensiones de las pistas y los componentes en el diseño.

Figura 24.

Vectorización del diseño del circuito impreso



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a preparar la placa de cobre, realizando una limpieza exhaustiva para eliminar residuos e impurezas. Luego, se aplica una capa de aerosol de pintura en color negro en la superficie de cobre, lo cual permite una mejor visualización de las pistas al imprimirlo en la placa.

Durante el proceso de ruteo del circuito impreso, se utiliza el método de ruteo por impresora. Este método consiste en dibujar directamente sobre la placa las pistas y conexiones del circuito.

Para ello, se emplea una impresora de ruteo equipada con una herramienta especializada que elimina el cobre no deseado y crea las pistas conductoras necesarias. La Figura 25 ilustra visualmente este proceso.

Figura 25.

Proceso de enrutamiento del circuito impreso



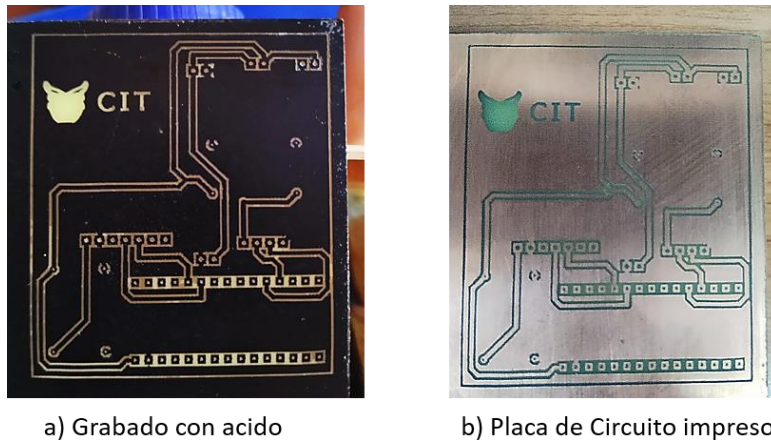
Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar el ruteo del circuito, se procede al grabado con ácido. La placa se sumerge en un baño de ácido férrico para eliminar el cobre no protegido, el cual define las pistas del circuito.

El ácido grabará el cobre expuesto, dejando únicamente las pistas y conexiones conductoras en la placa, como se observa en la Figura 26 a). Posteriormente, se retira la tinta resistente al ácido con un solvente adecuado y se realiza una limpieza adecuada para eliminar residuos químicos. La Figura 26 b), muestra el resultado final de la placa de circuito impreso con las pistas y conexiones conductoras correctamente grabadas y listas para su uso.

Figura 26.

Placa de circuito impreso lista para su implementación



Fuente: Elaboración propia.

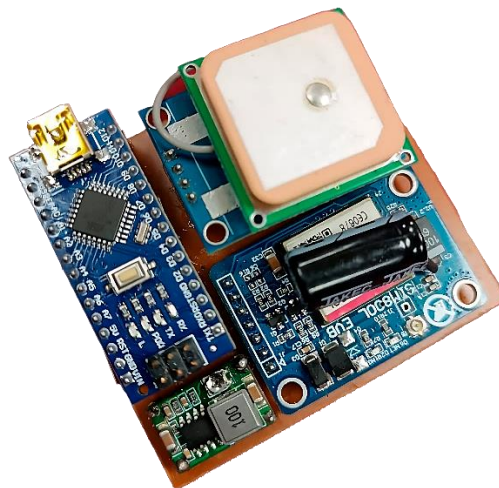
6.3.1.1. Ensamblaje del Prototipo

Una vez obtenida la placa de circuito impreso, se procede con el ensamblaje del prototipo, para ello es esencial contar con todos los componentes electrónicos requeridos según el diseño del circuito. Además, es recomendable contar con herramientas y equipos necesarios, para el ensamblaje.

Primeramente, se colocan los componentes en la placa de circuito impreso. Esto implica soldar los componentes en sus ubicaciones correspondientes, siguiendo el diseño y las indicaciones del esquemático del circuito tal como se observa en la Figura 27.

Figura 27.

Ensamblaje de componentes en la placa de circuito impreso



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a realizar pruebas de continuidad y funcionalidad del prototipo y se verifica que todas las conexiones estén correctamente establecidas para asegurarse de que no haya soldaduras frías, cortocircuitos o componentes mal colocados.

En resumen, el correcto ensamblaje de los componentes en la placa de circuito impreso es esencial para garantizar el funcionamiento adecuado del prototipo. Una vez finalizada esta etapa, se procederá a realizar pruebas de continuidad y funcionalidad para asegurarse de que todos los componentes estén conectados de manera correcta y que el prototipo esté listo para su evaluación conjuntamente con la interfaz web y móvil

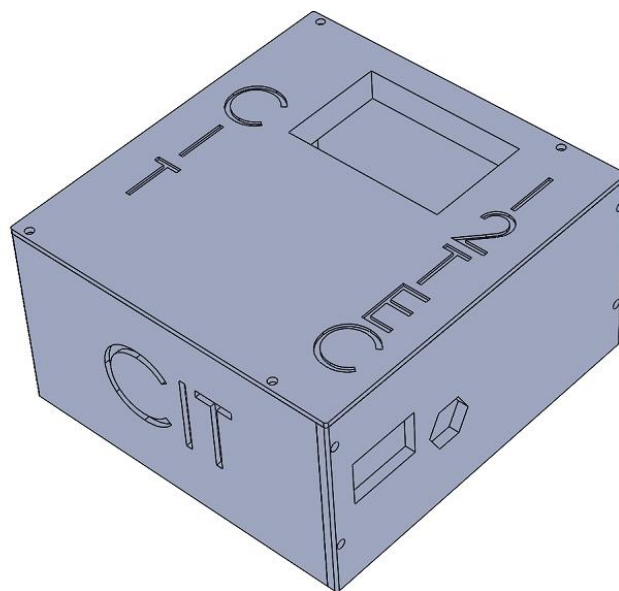
6.3.2. Diseño en 3D del Prototipo

Una vez finalizada la elaboración de la placa de circuito impreso, se procedió a diseñar la carcasa del prototipo electrónico en 3D. Este diseño ofrece una representación virtual de todas las características y componentes, permitiendo su evaluación antes de la fabricación física. Esta etapa es crucial, ya que permite realizar ajustes y mejoras en el diseño para optimizar su funcionalidad, eficiencia y estética.

Para la creación de la carcasa, se utilizó el software SolidWorks. En el Anexo 4 se encuentran los planos detallados de todas las partes que conforman la estructura del prototipo electrónico. Además, en la Figura 28 se muestra una vista general del diseño completo, ilustrando la integración de todas las partes.

Figura 28.

Vista General del Diseño 3D de la Estructura del Prototipo

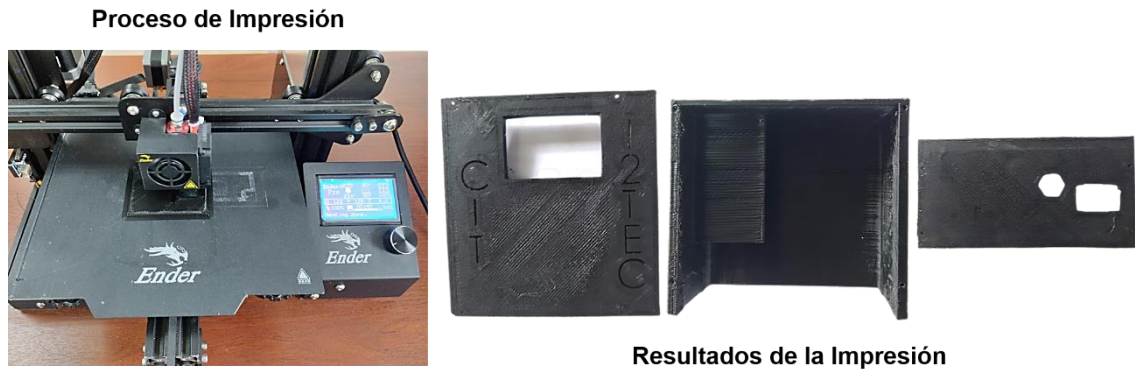


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente el diseño es materializado mediante una impresora 3D, como se muestra en la Figura 29, donde se aprecia el proceso de impresión.

Figura 29.

Impresión en 3D de la carcasa



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el modelado en 3D utiliza software especializado para crear un modelo tridimensional, proporcionando una representación visual y precisa del prototipo. Mediante esta metodología, se logra una mayor comprensión y evaluación del diseño, ya que facilita la detección de posibles mejoras, ajustes y optimizaciones del dispositivo.

6.4. Diseño de la Interfaz Web

El diseño de la interfaz web comprende el bloque de visualización de la estructura del sistema electrónico, visto en el apartado 6.1.2. Esta interfaz se centró en un enfoque informativo, permitiendo a los usuarios familiarizarse con todas las funcionalidades del prototipo denominado "PersonTrack". Incluye las características ofrecidas tanto en la aplicación web como en la aplicación móvil.

En este apartado, se detalla el proceso de desarrollo de la página web, abarcando los requisitos y funcionalidades del sistema, así como los elementos de software utilizados y el proceso de creación de la interfaz web. Este enfoque integral tiene como objetivo garantizar la eficiencia del sistema y brindar una experiencia satisfactoria a los usuarios del prototipo.

6.4.1. Requisitos y funcionalidades de la Interfaz Web

La interfaz web del sistema ha sido diseñada considerando requisitos y funcionalidades necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto. Estos requisitos

establecen las especificaciones que el software debe cumplir para satisfacer las necesidades del usuario, mientras que las funcionalidades representan las capacidades específicas implementadas en el software para proporcionar un conjunto completo de características y servicios.

6.4.1.1. Requisitos de la Interfaz Web. Los requisitos se dividen en dos categorías: los requisitos funcionales, que describen las características específicas del sistema y los requisitos no funcionales, que se refieren a los criterios y comportamientos que el sistema debe cumplir. A continuación, se describe cada uno de ellos.

1) Requisitos funcionales.

- **Agregar usuarios:** Permitir a los administradores añadir nuevos usuarios al sistema, asignándoles credenciales de acceso correspondientes.
- **Autenticación de usuarios:** Verificar y validar las credenciales de inicio de sesión de los usuarios para garantizar un acceso seguro al sistema.
- **Visualización de datos en tiempo real:** Mostrar la información geográfica y los datos de las personas registradas de forma actualizada y en tiempo real.
- **Usabilidad:** La interfaz web debe ser intuitiva y fácil de usar, permitiendo a los usuarios acceder a la información de manera rápida y sencilla.

2) Requisitos no funcionales.

- **Seguridad:** La interfaz web debe contar con medidas de seguridad para proteger la información sensible y garantizar la privacidad de los usuarios.
- **Velocidad y rendimiento:** La interfaz web debe garantizar una carga rápida de páginas y una respuesta ágil a las acciones del usuario, optimizando el rendimiento del sistema sin demoras innecesarias.
- **Compatibilidad con navegadores:** Debe ser compatible con los navegadores web más utilizados, como Google Chrome, Mozilla Firefox, etc., asegurando una experiencia consistente en diferentes entornos de navegación.
- **Adaptabilidad a dispositivos:** La interfaz web debe ser compatible con diferentes dispositivos y tamaños de pantalla, tanto en computadoras de escritorio como en dispositivos móviles.

6.4.1.2. Funcionalidades de la interfaz web. A continuación, se presentan las acciones y tareas específicas que se pueden llevar a cabo dentro de la interfaz web:

- **Gestión de contenidos:** A través de un sitio web, permite a los usuarios familiarizarse con todas las funcionalidades de PersonTrack, que engloban características de seguridad y control ofrecidas por el prototipo. Esto incluye tanto la página web como la aplicación móvil, además de las funcionalidades adicionales que no requieren el uso de interfaces específicas.
- **Autenticación de usuarios:** Permite a los usuarios autenticarse en el sistema para acceder a la plataforma de forma segura. Los datos almacenados se pueden obtener únicamente con las credenciales designadas.
- **Seguimiento en tiempo real:** Proporciona la capacidad de rastrear y monitorear en tiempo real a los usuarios que porten el dispositivo. Esto implica mostrar la posición actual de las personas en movimiento, actualizar la ubicación en intervalos regulares y permitir la visualización del historial de movimientos de manera temporal.
- **Información de usuario:** Permite a los usuarios conocer los datos personales de cada usuario que porta el prototipo como nombre de usuario, edad, sexo, tipo de sangre, enfermedad etc. Esto facilita la gestión y el seguimiento de personas específicas dentro del sistema.
- **Administración de usuarios:** Permite a los administradores del sistema agregar nuevos usuarios, asignando un nombre de usuario y una contraseña específicos.
- **Código QR para la aplicación móvil:** Los usuarios pueden escanear el código QR que se encuentra en el sitio web y así acceder al archivo APK para instalar la aplicación. Adicionalmente, la interfaz web proporciona un número de contacto para aquellos usuarios que deseen acceder al servicio de PersonTrack o necesiten obtener más información.

En resumen, los requisitos y funcionalidades de la interfaz web son elementos fundamentales que se integran para crear una interfaz eficiente, segura y amigable. Estos requisitos establecen las bases para seleccionar los elementos y tecnologías adecuadas, así como para desarrollar la interfaz de manera satisfactoria. Al cumplir con los requisitos, se logra brindar una experiencia óptima a los usuarios y garantizar el éxito del proyecto.

6.4.2. Selección de Elementos de Software para la Interfaz Web

En este apartado se aborda la selección de plataformas, software y tecnologías necesarios para el desarrollo de la interfaz web, en función de los requisitos y

funcionalidades establecidos. La implementación se realizó mediante una combinación estratégica de tecnologías, empleando PHP para la generación dinámica del contenido y la interacción con la base de datos. Se utilizó Firebase como base de datos para almacenar información de usuarios y ubicaciones GPS. En términos de estilos y funcionalidades, se incorporaron bibliotecas como FontAwesome y Leaflet, que permiten agregar íconos, estilos y mapas interactivos. Asimismo, se implementó la seguridad mediante la autenticación de usuarios a través de Firebase Auth.

6.4.2.1. Tecnologías Utilizadas. La página web utiliza HTML como lenguaje de marcado principal, PHP para tareas del lado del servidor y JavaScript para agregar interactividad y funcionalidad en el lado del cliente. A continuación, se detallan estas tecnologías.

- HTML (HyperText Markup Language):

Se utilizó HTML, como lenguaje estándar para describir y organizar el contenido del documento web. Proporciona una serie de elementos y etiquetas predefinidas que permiten definir la estructura del documento, como encabezados, párrafos, listas, tablas, enlaces e imágenes. Es la base fundamental del sitio web, ya que los navegadores web interpretan el código HTML para renderizar el contenido de la página, determinando cómo se mostrarán los elementos y cómo se relacionarán entre sí.

- PHP (Hypertext Preprocessor):

Se optó por utilizar PHP como lenguaje de programación para el desarrollo de la interfaz web debido a su facilidad de uso y compatibilidad con diferentes sistemas operativos y servidores web. PHP permite realizar operaciones en el servidor y generar contenido dinámico en la página (Castelán, 2022). En el desarrollo de la página web, se utiliza para incluir archivos de script, implementar la autenticación de usuarios con Firebase y acceder a la base de datos Firebase Realtime Database.

- JavaScript:

JavaScript fue seleccionado como el lenguaje de programación para mejorar la experiencia del usuario en la página web. Su capacidad para agregar interactividad y funcionalidad es fundamental, ya que permite realizar modificaciones en la estructura y contenido de la página en respuesta a eventos o acciones realizadas por el usuario. Además, JavaScript se utiliza para interactuar con la base de datos Firebase, realizando consultas y actualizando la información en tiempo real.

- CSS (Cascading Style Sheets):

El lenguaje CSS es utilizado para dar formato y aplicar estilos al contenido HTML, como fuentes, colores, diseños de página y animaciones. En el desarrollo de la página web, se han utilizado varias herramientas y bibliotecas para facilitar este proceso. Font Awesome se emplea para agregar iconos a la página, Google Fonts para importar y aplicar estilos de fuentes personalizadas, Bootstrap para dar formato y estilos coherentes a los elementos, y Leaflet como biblioteca de JavaScript para mostrar mapas interactivos.

- Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database se eligió como base de datos en tiempo real para almacenar y recuperar datos de ubicación de usuarios. Esta elección se basa en su capacidad para actualizar los datos en tiempo real a medida que cambian las ubicaciones. Además, proporciona múltiples capas de seguridad para proteger la integridad de la página web. Mediante servicios de autenticación y reglas de seguridad, Firebase ayuda a prevenir el acceso no autorizado y garantizar una experiencia segura para los usuarios.

6.4.2.2. Gestor de Contenido “WordPress”. Se seleccionó WordPress con el complemento Elementor como el gestor de contenido (CMS) para crear y gestionar sitios web de manera fácil y eficiente. WordPress ofrece amplias opciones de personalización y adaptabilidad, con una variedad de temas y plantillas que permiten diseños atractivos y profesionales. Por su parte, Elementor es un constructor de páginas intuitivo para diseños personalizados sin conocimientos técnicos avanzados (Souza, 2023). Esta combinación ofrece flexibilidad y una amplia variedad de opciones para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto.

6.4.2.3. Sistemas de Gestión de Bases de Datos “MySQL”. La elección de MySQL como sistema de gestión de bases de datos (DBMS) se debe a su estrecha integración con WordPress. MySQL es el motor utilizado por WordPress para almacenar y administrar los datos del sitio web, garantizando un rendimiento eficiente y confiable (Gustavo, 2023). Además, ofrece características robustas en términos de seguridad, escalabilidad y disponibilidad, lo que proporciona una base sólida para el crecimiento y la gestión de sitios web de cualquier tamaño.

6.4.2.4. Dominio "persontrack.site". Para el desarrollo del proyecto, se ha seleccionado el dominio "persontrack.site" como parte de la estrategia de marketing. Esta extensión es breve y fácil de recordar, lo que facilita la difusión del dominio entre los

usuarios. Además, el término "site" es ampliamente reconocido y asociado con sitios web, lo que proporciona una identificación clara del enfoque del proyecto.

6.4.2.5. Plataforma de control y administración de hosting “CPanel”. Se eligió CPanel como interfaz de control basada en web para administrar y controlar la configuración del servidor de alojamiento web “hosting SUPREMO”. Permite realizar tareas de administración como crear y gestionar cuentas de correo electrónico, configurar bases de datos, administrar archivos, instalar aplicaciones web, etc. Además, cuenta con medidas de seguridad, como cortafuegos, certificados SSL y copias de seguridad periódicas (Deyimar, 2023). Estas características garantizan la protección del sitio web y los datos sensibles

6.4.2.6. API de Mapa “Mapas interactivos con OpenStreetMap y Leaflet”. La elección de utilizar mapas interactivos con OpenStreetMap y la biblioteca Leaflet se debe a su fuente de datos abierta y colaborativa, que ofrece datos actualizados y detallados. Leaflet, como biblioteca, proporciona flexibilidad y facilidad de uso para personalizar los mapas según nuestras necesidades. Además, la integración de estas herramientas con otros servicios permite agregar funcionalidades adicionales, como marcadores y rutas personalizadas, mejorando la experiencia del usuario (ECDISIS ESTUDIO, 2020).

En resumen, la página web ha sido desarrollada utilizando una combinación de software y tecnologías acorde a los requisitos y funcionalidades necesarias. El lenguaje de programación PHP se utilizó para la interacción con la base de datos, mientras que WordPress con el complemento Elementor fue elegido como el gestor de contenido para facilitar la personalización y creación de diseños atractivos

6.4.3. *Desarrollo de la Interfaz Web*

En este apartado se detallará el proceso de desarrollo de la interfaz web, enfocándose en secciones clave que optimizan la experiencia del usuario. Dichas secciones incluyen el contenido, el inicio de sesión, la extracción y visualización de coordenadas, y la identificación de usuarios. Para lograr este objetivo, se utilizaron herramientas y tecnologías previamente mencionadas que posibilitan la creación de una interfaz web visualmente atractiva, intuitiva y de fácil uso.

6.5.3.1. Pantalla de Sección de Contenido. Presenta la parte informativa de la página web, proporcionando detalles sobre el proyecto, sus características y las

herramientas de control de usuarios. A continuación, se describe el diseño, la organización y la estructuración de la información.

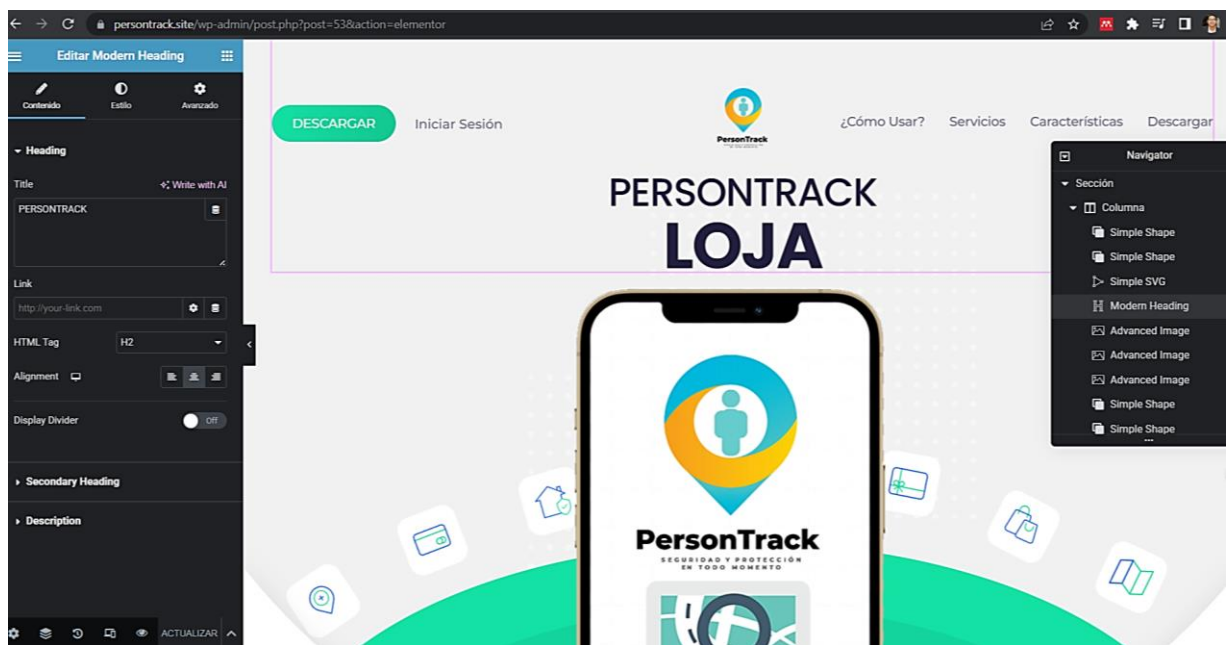
- **Diseño de Pantalla de la Sección de Contenido**

Para llevar a cabo esta implementación, se requiere de un servicio de hosting, el cual permitirá la instalación de WordPress y la visibilidad de la página web para otros usuarios. En este caso, se eligió el proveedor de servicios de hosting SUPREMO el cual ofrece y compatibilidad con la ejecución de archivos PHP y el soporte de bases de datos MySQL.

Con el objetivo de desarrollar una interfaz web atractiva y funcional, se optó por utilizar el tema multipropósito Phlox Pro para Elementor en WordPress. Este tema ofrece amplias posibilidades de personalización mediante su editor de maquetado. A través de esta herramienta, se realizaron modificaciones y ajustes en cada sección de la interfaz, tal como se muestra en la Figura 30.

Figura 30.

Personalización de la pantalla de sección de contenido



Fuente: Elaboración propia.

Después de editar cada una de las secciones definidas, procedemos a actualizar la edición. De esta manera, los cambios realizados se guardarán y podremos verificarlos en el sitio web principal.

▪ Organización y estructura de la información

El objetivo de implementar una estructura cuidadosamente definida en la página web es brindar a los usuarios una experiencia de navegación fluida y una comprensión clara de los contenidos. Para lograrlo, se ha dividido la página web en tres secciones principales: inicio de sesión, sección de descargas y la sección informativa.

La sección de inicio de sesión permite acceder a todas las funcionalidades que ofrece PersonTrack. Por otro lado, la sección de descargas permite a los usuarios obtener el APK de la aplicación móvil.

Por último, la sección informativa se divide en tres componentes principales: 'Cómo usar PersonTrack', 'Servicios que ofrece' y 'Características principales'. Cada uno de ellos proporciona información relevante para comprender el enfoque del proyecto, como se observa en la Figura 31.

Figura 31.

Componentes clave de la sección informativa en la página web



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.2. Inicio de Sesión de la página web. En esta sección, se implementa la funcionalidad de autenticación de usuarios para garantizar que el acceso a la plataforma

se realice exclusivamente con las credenciales correspondientes. A continuación, se describe el diseño y proceso de implementación llevados a cabo en el inicio de sesión.

- **Diseño de la Interfaz de Inicio de Sesión**

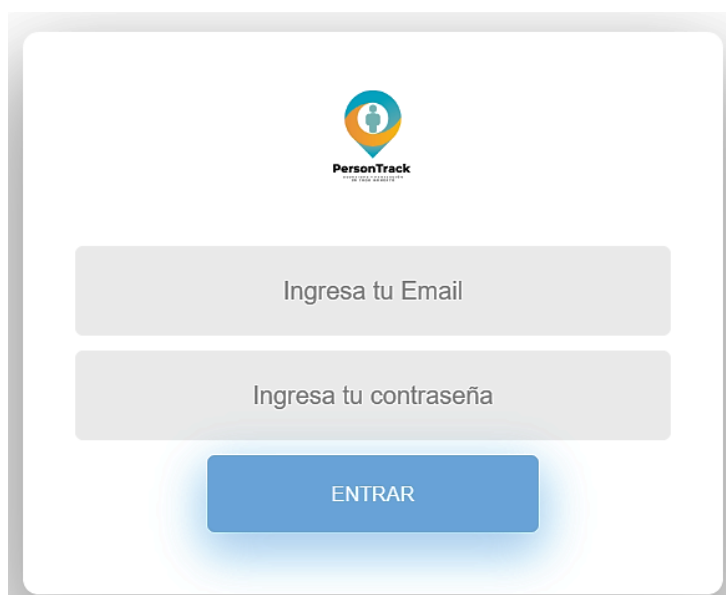
El diseño de la interfaz de inicio de sesión se llevó a cabo utilizando código HTML para definir la estructura y los elementos de la página de inicio de sesión. Esto incluye la creación de etiquetas para los campos de entrada de correo electrónico y contraseña, así como para el botón de inicio de sesión.

También se utilizó código PHP de WordPress, el cual emplea funciones para modificar tanto el aspecto visual como el comportamiento de la página. En términos de apariencia, se empleó la función "login_header()" para mostrar el encabezado de la página, y "Languages" para permitir la selección del idioma en la pantalla de inicio de sesión.

En cuanto al comportamiento de la página, se utilizó la función "setcookie" para configurar una cookie de compatibilidad con el navegador, y "force_ssl_admin" asegura que los usuarios accedan al inicio de sesión a través de una conexión segura HTTPS. Gracias a estas implementaciones, se logró personalizar de inicio de sesión tal como se muestra en la Figura 32.

Figura 32.

Interfaz de inicio de sesión de la página web



Fuente: Elaboración propia.

▪ Implementación del Inicio de Sesión

La autenticación de usuarios se lleva a cabo utilizando las funciones de autenticación proporcionadas por Firebase. Para este propósito, se utiliza Firebase Authentication, un servicio que establece una conexión segura entre el cliente y el servidor a través del protocolo HTTPS. Esto garantiza que la información personal de los usuarios esté protegida durante el proceso de autenticación y la transferencia de datos.

El proceso de autenticación inicia cuando el usuario ingresa su correo electrónico y contraseña en el formulario de inicio de sesión de la página web. Estos datos se envían de manera segura al servidor a través de una solicitud HTTPS, garantizando la encriptación de la información.

El servidor verifica la autenticidad de las credenciales consultando la base de datos de usuarios registrados. Si las credenciales son correctas, se genera una respuesta confirmando el inicio de sesión exitoso.

En caso contrario, se muestra un mensaje indicando que las credenciales son incorrectas y se solicita al usuario que las vuelva a ingresar. Este proceso asegura que solo los usuarios autorizados puedan acceder a las funcionalidades de la página web.

Una vez que se ha iniciado sesión de manera exitosa, los usuarios tienen acceso a todas las funcionalidades ofrecidas por la página web. Esto incluye la capacidad de interactuar con los datos, personalizar configuraciones y aprovechar las características adicionales proporcionadas por la plataforma. En la Figura 33 se muestra el flujo del inicio de sesión utilizando las credenciales establecidas en Firebase Authentication.

Figura 33.

Proceso de inicio de sesión en la página web



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.4. Extracción y Visualización de Coordenadas. La obtención y procesamiento de las coordenadas geográficas, así como su representación visual en un mapa interactivo, son fundamentales para permitir a los usuarios supervisar en tiempo real la ubicación de la persona que porta el prototipo.

A continuación, se detalla el diseño e implementación de dicha funcionalidad en la página web.

- **Diseño de la interfaz de visualización de coordenadas**

Se desarrolló una interfaz de usuario intuitiva que permite a los usuarios visualizar las coordenadas geográficas en un mapa interactivo. Para lograr esto, se emplea la biblioteca Leaflet.js junto con la base de datos de mapas OpenStreetMap.

Estas herramientas se combinan para ofrecer una solución de código abierto y flexible que permite mostrar y explorar mapas interactivos en aplicaciones web. Las coordenadas extraídas se representan de manera visual mediante un marcador de ubicación en el mapa.

- **Implementación de la interfaz de visualización de coordenadas**

Para acceder a los datos almacenados en la base de datos Realtime Database y mostrarlos en la página web, es necesario establecer una conexión con Firebase. Esto se logra utilizando la biblioteca de Firebase para JavaScript llamada "firebaseConfig".

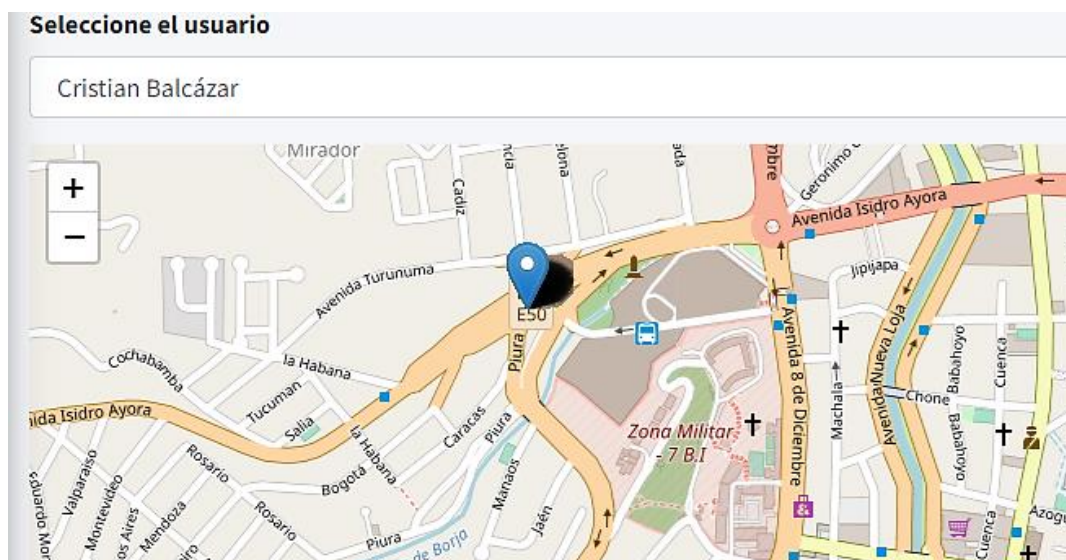
En primer lugar, se inicializa Firebase con la configuración de la aplicación, que incluye la clave de API, el dominio de autenticación y la URL de la base de datos. Una vez configurada, se pueden realizar operaciones de lectura/escritura en la base de datos utilizando los métodos proporcionados por la biblioteca.

Estos métodos permiten seleccionar la colección y el documento específico que contienen los valores de interés. Basándonos en lo mencionado, para extraer las coordenadas proporcionadas por el prototipo, se selecciona la colección "GPSLocation" y el documento "UBICACIÓN".

A partir de esto, se extraen las coordenadas de latitud y longitud, las cuales se almacenan en variables para poder actualizarlas cada 8 segundos. La figura 34 muestra el marcador que indica la nueva posición dentro del mapa.

Figura 34.

Actualización de coordenadas del prototipo en la interfaz web



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.3. Identificación de Usuarios. Es una funcionalidad clave de la página web, que permite el acceso a los datos personales de cada usuario registrado a través de la aplicación móvil.

A continuación, se detalla el diseño y el proceso de implementación utilizado para la identificación de los usuarios en la página web.

- **Diseño del Apartado de Identificación de Usuarios**

La identificación de usuarios se logra mediante la implementación de una estructura HTML y el uso de clases CSS que permiten aplicar estilos personalizados, como posicionamiento, color de fondo, espaciado, alineación y formato.

Para este propósito, se utiliza un contenedor denominado "Seleccione el usuario", el cual agrupa y organiza los elementos relacionados con esta etiqueta dentro de un formulario HTML. Este contenedor presenta un menú desplegable que permite la selección de un usuario específico, lo cual activa la visualización de toda la información relevante asociada a dicho usuario.

Además, el marcador dentro del mapa se etiqueta con el nombre del usuario seleccionado. Esta etiqueta proporciona una forma rápida y clara de identificar la ubicación específica del usuario en el mapa, lo que facilita su seguimiento y visualización.

▪ Implementación del Apartado de Identificación de Usuarios

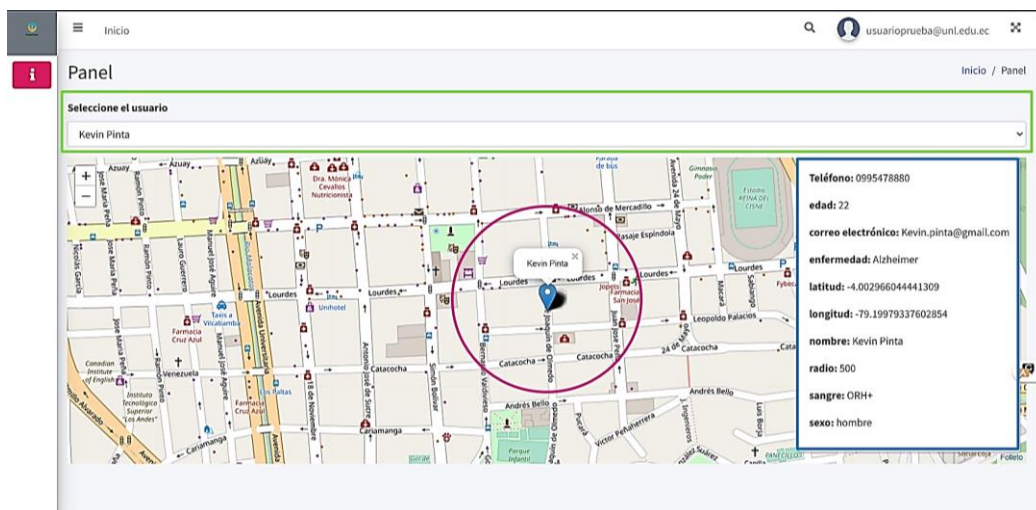
Para presentar los datos de usuarios en la página web, se utiliza la biblioteca de Firebase para JavaScript llamada "firebaseConfig".

Esta biblioteca se encarga de establecer la conexión con Firebase y realizar solicitudes HTTP en segundo plano para interactuar con la base de datos. De esta manera, es posible acceder a los datos proporcionados seleccionando la colección "USUARIOS".

La información se presenta de manera estratégica en una sección que no interfiere con la visualización de la ubicación del usuario en el mapa. Como se observa en la Figura 35, al seleccionar un usuario, se presenta automáticamente toda la información asociada a ese usuario, y el marcador correspondiente en el mapa se etiqueta con su nombre.

Figura 35.

Identificación de Usuario en la Página Web



Fuente: Elaboración propia.

La página web implementa medidas de seguridad para proteger la comunicación entre el servidor y el navegador del usuario. Para ello, se utiliza un certificado SSL (Secure Sockets Layer) que utiliza algoritmos de encriptación SHA-256 y SHA-1 para asegurar la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos.

El algoritmo SHA-256 proporciona una mayor seguridad y resistencia frente a ataques criptográficos. Por su parte, el algoritmo SHA-1 se utiliza para garantizar la compatibilidad con navegadores y sistemas operativos más antiguos. Mediante esta combinación, se asegura que la información sensible, como las credenciales de inicio de

sesión, se transmita de manera encriptada y se mantenga privada durante toda la interacción del usuario con la página web

En resumen, para crear una página web efectiva, es esencial tener en cuenta aspectos como el diseño y la estructura del contenido, así como la personalización del inicio de sesión y la autenticación. Además, la conexión con Firebase juega un papel crucial al aprovechar sus servicios de base de datos en tiempo real y autenticación de usuarios. Esto permite almacenar y recuperar datos de manera eficiente, garantizando la seguridad en el acceso a la aplicación. La combinación de estos elementos proporciona una página web que brinda una experiencia mejorada y segura para los visitantes del sitio.

6.5. Diseño de la Aplicación Móvil

La aplicación móvil desarrollada tiene como objetivo visualizar y monitorear los datos del prototipo, cumpliendo con requisitos específicos y ofreciendo funcionalidades clave. En el siguiente apartado se detallan los requisitos de la aplicación, sentando las bases para el desarrollo de las funcionalidades necesarias.

6.5.1. Requisitos y Funcionalidades de la Aplicación Móvil

La aplicación móvil cumple su objetivo al ser diseñada basada en requisitos específicos y funcionalidades clave. A continuación, se describen los requisitos de la aplicación móvil.

6.5.1.1. Requisitos de la Aplicación Móvil. Estos requisitos se dividen en dos categorías principales: requisitos funcionales y requisitos no funcionales.

1) Requisitos Funcionales

- Debe permitir a los usuarios autenticarse y acceder a la plataforma de visualización y monitoreo de datos.
- Debe proporcionar información detallada sobre cada persona rastreada.
- Debe ofrecer la opción de crear nuevos usuarios y permitir la edición de la información de cada usuario de manera sencilla.
- Debe permitir visualizar en tiempo real la ubicación de las personas rastreadas en un mapa interactivo.
- Debe ofrecer la posibilidad de definir una geocerca que restrinja geográficamente la ubicación hasta la cual el usuario puede desplazarse.

- Debe incluir la funcionalidad de recibir notificaciones locales de alerta cuando los usuarios salgan de la geocerca establecida.

2) Requisitos No Funcionales

- Debe garantizar la protección de la información personal y confidencial de las personas rastreadas, implementando medidas de encriptación y autenticación seguras.
- La aplicación debe ser compatible con dispositivos móviles Android.
- La interfaz de usuario debe ser intuitiva y fácil de usar.
- La aplicación móvil debe ser eficiente en términos de rendimiento, proporcionando una respuesta rápida y fluida al interactuar con los datos y las funcionalidades.
- La aplicación móvil debe ser diseñada de manera escalable y adaptable, con la capacidad de ajustarse a futuras expansiones o mejoras en el prototipo de geolocalización.

6.5.1.2. Funcionalidades de la Aplicación Móvil. A continuación, se presentan las funcionalidades específicas de la aplicación móvil, detallando las acciones y tareas que se pueden realizar.

- **Autenticación y Registro de Usuarios:** La aplicación móvil permite a los usuarios autenticarse de manera segura utilizando credenciales únicas y cambiar la contraseña. Además, ofrece la opción de registrar múltiples usuarios en un mismo dispositivo.
- **Visualización de Ubicaciones en Tiempo Real:** La aplicación muestra en tiempo real la ubicación de las personas rastreadas por el prototipo de geolocalización en un mapa interactivo. Los usuarios pueden visualizar los marcadores que representan la ubicación actual de la persona en el mapa.
- **Restricción Geográfica:** La aplicación ofrece la posibilidad de definir una geocerca que restrinja geográficamente la ubicación hasta la cual el usuario puede desplazarse.
- **Notificaciones Locales de Alerta:** La aplicación móvil ofrece notificaciones locales en tiempo real para informar a los usuarios cuando la persona rastreada ha salido de la geocerca establecida.

- **Información Detallada de las Personas Rastreadas:** Los usuarios pueden acceder a información detallada sobre cada persona rastreada, como nombre, edad, género, teléfono, enfermedad y tipo de sangre.

En resumen, la aplicación móvil desarrollada para la visualización y monitoreo de los datos del prototipo se diseñó teniendo en cuenta los requisitos y funcionalidades específicas. A partir de ello, se llevó a cabo la selección de plataformas y software, lo que permite crear un diseño escalable y adaptable que garantiza un rendimiento óptimo y una experiencia positiva para los usuarios.

6.5.2. Selección Elementos de Software para la Aplicación Móvil

Una vez establecidos los requisitos y funcionalidades de la aplicación móvil, en este apartado se detalla la selección de las plataformas y elementos de software utilizados para el desarrollo de la interfaz. Las decisiones se tomaron considerando criterios de compatibilidad, eficiencia y funcionalidad, con el objetivo de asegurar un rendimiento óptimo y una experiencia de usuario satisfactoria.

6.5.2.1. Marco de Desarrollo “Flutter”. La elección del lenguaje de programación Flutter se basó en su capacidad para desarrollar aplicaciones móviles multiplataforma de manera eficiente, creando interfaces de usuario atractivas y responsivas. Flutter brinda una experiencia de usuario nativa en dispositivos Android e iOS, y cuenta con un entorno de desarrollo sólido y una amplia comunidad de desarrolladores que facilita el soporte y la resolución de problemas (Flutter, 2020). Esta decisión garantiza un desarrollo ágil y una calidad superior en la aplicación móvil.

6.5.2.2. Editor de Código “Visual Studio Code”. Se seleccionó Visual Studio Code como el editor de código principal para el desarrollo de la interfaz debido a su ligereza, alta personalización y amplia variedad de extensiones y complementos que facilitan el desarrollo de aplicaciones Flutter. Además, Visual Studio Code ofrece funciones avanzadas de depuración y control de versiones, acelerando el proceso de desarrollo y mejorando la productividad del equipo (Microsoft, 2023). Esta elección garantiza un entorno eficiente y efectivo para la creación de la interfaz de la aplicación móvil

6.5.2.3. Emulador “Android Studio”. Se eligió Android Studio como el emulador principal para el desarrollo y prueba de la aplicación móvil debido a que ofrece un entorno completo de desarrollo para aplicaciones Android, incluyendo un emulador

integrado que simula diferentes dispositivos y versiones de Android. Esta elección facilita la depuración y optimización de la aplicación en diversos escenarios y dispositivos antes de su implementación en producción (Android, 2023). El uso de Android Studio asegura una experiencia de desarrollo sólida y eficiente.

6.5.2.4. Plataforma en la Nube “Firebase”. Firebase fue seleccionado como la plataforma en la nube para alojar y gestionar los datos de la aplicación móvil. Proporciona servicios como autenticación de usuarios, almacenamiento en la nube y bases de datos en tiempo real, garantizando escalabilidad, seguridad y disponibilidad de los datos. Esto facilita un rápido desarrollo y despliegue de la aplicación (Google Cloud, 2020).

6.5.2.5. Base de Datos “Real-time Database de Firebase”. Se utilizó la base de datos Real-time Database de Firebase para el almacenamiento de datos en tiempo real. Esta solución NoSQL ofrece sincronización en tiempo real y una estructura flexible, permitiendo la actualización instantánea de los datos en todos los dispositivos conectados (Firebase, 2023). La elección de Real-time Database se basó en la necesidad de obtener respuestas rápidas y trabajar en tiempo real con los datos de ubicación y rastreo del prototipo de geolocalización.

6.5.2.6. API de Mapa “Servicio de Google, Maps SDK for Android”. Se utilizó el servicio Google Maps SDK for Android para integrar funcionalidades de mapas en la aplicación móvil. Esta API ofrece herramientas avanzadas para la visualización de mapas interactivos, obtención de direcciones, geolocalización y personalización de la interfaz relacionada con los mapas. Al utilizar Google Maps SDK for Android, se garantiza una experiencia fluida y precisa al mostrar ubicación y rastreo de personas en tiempo real (Google Maps Platform, 2023).

En resumen, la elección de plataformas y software para el desarrollo de la aplicación móvil ha sido fundamental para garantizar un proceso eficiente y de alta calidad, acorde a los requisitos y funcionalidades necesarios. Estas decisiones han sentado las bases de una aplicación móvil sólida y confiable, cumpliendo con los estándares y expectativas establecidos, para ofrecer un rendimiento óptimo y una experiencia satisfactoria a los usuarios.

6.5.3. Desarrollo de la Aplicación Móvil

En este apartado, se detallan los aspectos relacionados con el inicio de sesión, registro de usuarios, extracción y envío de datos hacia Firebase, visualización de la

ubicación en el mapa y el establecimiento de geo cercas. Estas características han sido diseñadas y desarrolladas con el objetivo de brindar a los usuarios una experiencia completa y segura en el aplicativo móvil, facilitando el acceso a la información y permitiendo un seguimiento efectivo de la ubicación y movimientos de los usuarios.

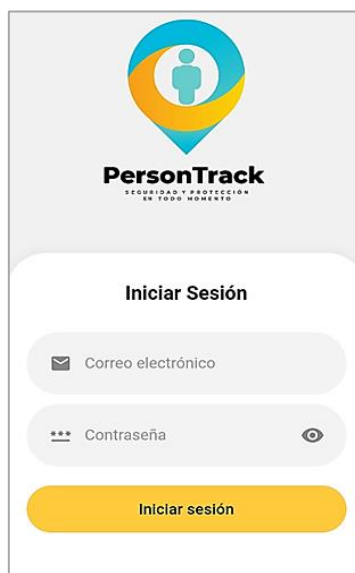
6.5.3.1. Inicio de Sesión del Aplicativo Móvil. Es una etapa clave que permite a los usuarios autenticarse y acceder a las funcionalidades disponibles. A continuación, se describe el diseño e implementación del proceso.

- **Diseño de la interfaz de inicio de sesión**

La pantalla de inicio de sesión se ha diseñado con un logotipo representativo y campos de entrada de datos, como correo electrónico y contraseña, junto con un botón de inicio de sesión, tal como se muestra en la Figura 36. Para gestionar el estado de la pantalla, se utiliza el paquete "provider", el cual permite una administración y compartición eficiente de datos entre widgets.

Figura 36.

Interfaz de inicio de sesión de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia.

- **Implementación del inicio de sesión**

Se ha implementado el proceso de inicio de sesión mediante la creación de un formulario, el cual incluye campos de entrada para el correo electrónico y la contraseña, así como validación de formularios y autenticación utilizando Firebase Authentication.

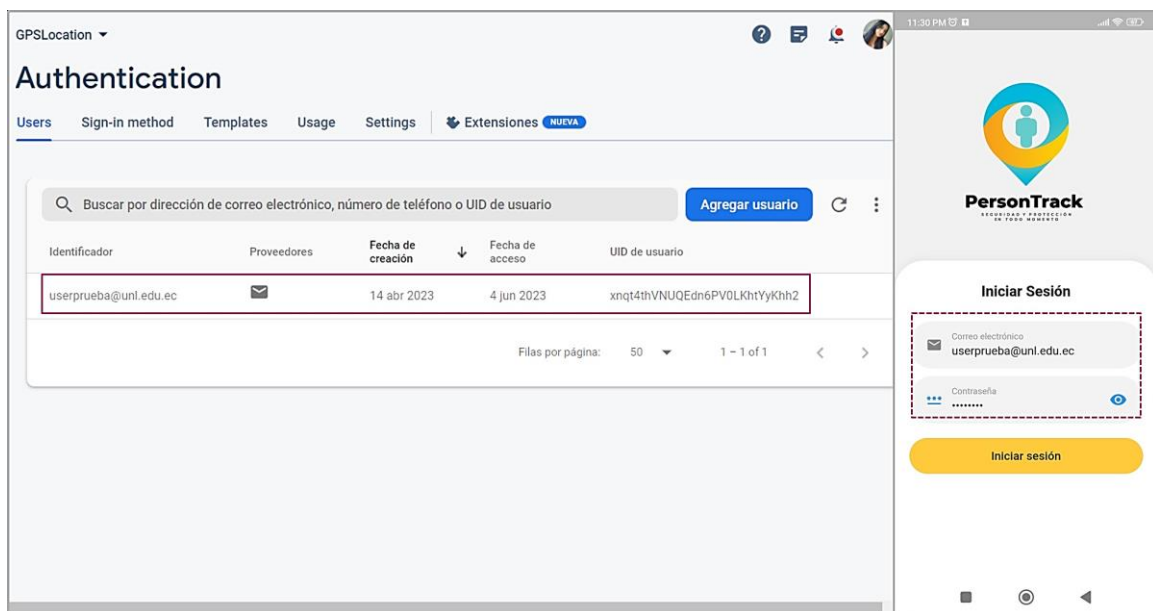
Los campos de entrada, como el correo electrónico y la contraseña, cuentan con funciones de validación y controladores para almacenar los valores ingresados. Además, se utiliza 'Provider.of' para acceder al estado y la funcionalidad relacionados con el formulario de inicio de sesión.

Cuando el formulario alcanza un estado válido y no está en proceso de carga, se activa el botón "Iniciar sesión". Al presionar este botón, se intenta iniciar sesión utilizando el método 'FirebaseAuth.instance.signInWithEmailAndPassword' de Firebase Authentication. Este método envía los datos de la dirección de correo electrónico y la contraseña proporcionados como parámetros, y Firebase verifica las credenciales.

Si las credenciales son válidas, el correo electrónico se guarda en las preferencias y se redirige a otra pantalla. En caso de producirse algún error, se muestra un mensaje correspondiente al error. En la Figura 37 se muestra el flujo del inicio de sesión mediante el uso de credenciales establecidas en Firebase Authentication.

Figura 37.

Proceso de inicio de sesión con Firebase Authentication



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.2. Registro de usuarios. Es una funcionalidad esencial que permite a los usuarios crear perfiles en la aplicación móvil utilizando una cuenta previamente registrada por el administrador. Este proceso garantiza el acceso completo a los datos

personales de cada persona que porte un prototipo de geolocalización. En esta sección, se describirá el diseño e implementación del proceso de registro de usuarios.

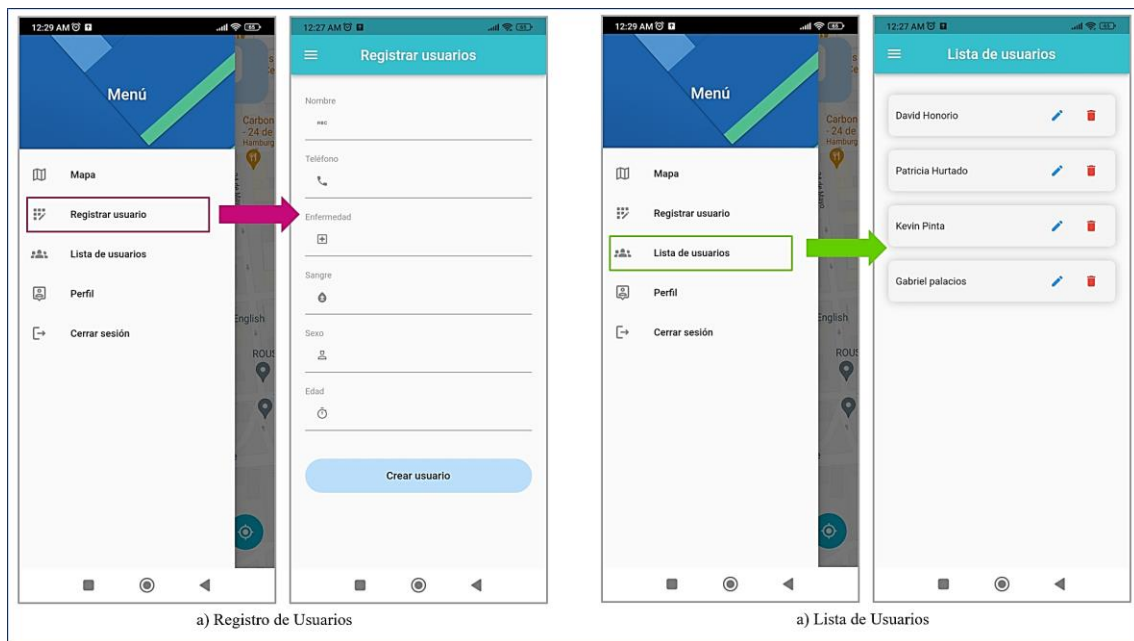
- **Diseño de la interfaz de registro de usuarios**

La interfaz de registro de usuarios presenta una estructura intuitiva y fácil de usar. En la pantalla de registro lustrada en la Figura 38 (a), se muestran los campos necesarios para completar el registro, como nombre de usuario, teléfono, enfermedad, tipo de sangre, sexo y edad.

Cada campo está claramente etiquetado y se acompaña de un ícono descriptivo, lo que facilita a los usuarios comprender qué información deben ingresar. Además, se incluye una pantalla de lista de usuarios, como se muestra en la Figura 38 (b), donde se puede eliminar, editar o actualizar su información personal de manera sencilla.

Figura 38.

Interfaz de registro de usuarios en la aplicación móvil



Nota. Figura 38 (a). Registro de usuarios; Figura 38 (b). Lista de usuarios

Fuente: Elaboración propia.

- **Implementación del registro de usuarios**

Para la implementación del registro de usuarios, se utiliza el patrón de diseño 'ChangeNotifier' para proporcionar notificaciones de cambios a los widgets dependientes de los datos de cada usuario, logrando así una actualización automática. Además, se

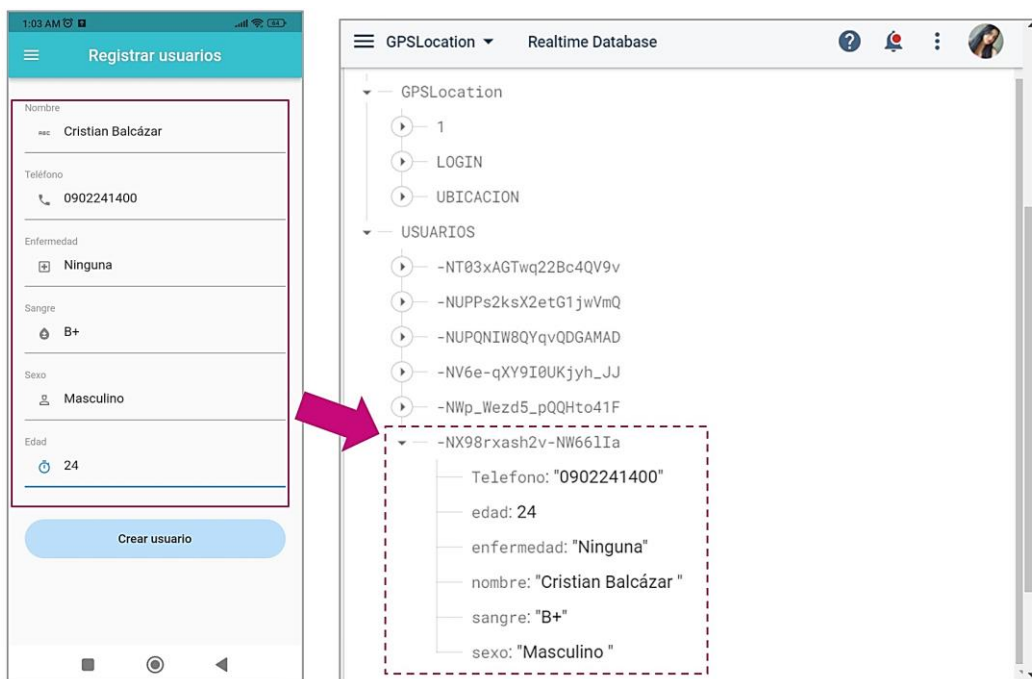
establece una conexión segura a través del protocolo HTTPS utilizando la biblioteca 'http' de Flutter para interactuar con la base de datos Firebase, garantizando la seguridad de los datos durante la comunicación con el servidor remoto.

En cuanto a la carga y búsqueda de usuarios, se utiliza el método loadUsers() que realiza una solicitud HTTP GET a la URL correspondiente y decodifica la respuesta en formato JSON. Los datos obtenidos se utilizan para crear y actualizar una lista de objetos. Para buscar usuarios específicos, se emplea el método 'findUser(String email)' que realiza una solicitud HTTP GET con un parámetro de consulta para filtrar los resultados por dirección de correo electrónico.

Para crear un nuevo usuario en la base de datos se utiliza el método createUser(Map data). Al presionar el botón "Crear usuario", se realiza una solicitud HTTP POST a la URL correspondiente, incluyendo los datos del nuevo usuario en el cuerpo de la solicitud. Tras recibir la respuesta, se muestra un mensaje emergente indicando si el usuario se creó correctamente. En la Figura 39 se representa el proceso de creación de un nuevo usuario en la aplicación móvil y su posterior almacenamiento en Realtime Database.

Figura 39.

Proceso de registro de un nuevo usuario en la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia.

Por último, para las operaciones de actualización y eliminación de usuarios, se utilizan los métodos 'updateUserData(Map data)' y 'deleteUser(String id)'. Estos métodos realizan solicitudes HTTP PUT y DELETE a la URL correspondiente, enviando los datos actualizados o el ID del usuario a actualizar o eliminar.

6.5.3.3. Extracción y Visualización de Coordenadas. La extracción y visualización de las coordenadas proporcionadas por el prototipo es una funcionalidad crucial para el monitoreo en tiempo real de la ubicación de la persona.

En este sentido, la aplicación móvil accede a estos datos y los muestra en un mapa interactivo, permitiendo a los usuarios seguir de manera precisa la posición actualizada. En esta sección, se describirá en detalle el diseño e implementación de este proceso en la aplicación móvil.

- **Diseño de la interfaz de visualización de coordenadas**

Para la interfaz de visualización de coordenadas, se utiliza el mapa interactivo de Google Maps. Esta elección se basa en la amplia variedad de funcionalidades y estilos visuales que ofrece la API de Google Maps. Al integrar esta API en la aplicación, se crea una interfaz interactiva que permite a los usuarios visualizar la ubicación de la persona monitoreada de manera efectiva.

- **Implementación de la interfaz de visualización de coordenadas**

Para implementar la interfaz de visualización de coordenadas, se utiliza la biblioteca `firebase_database` para establecer una conexión con Realtime Database. Se configuran las credenciales de autenticación y se establece la referencia a la ubicación de los datos en la base de datos.

A continuación, se implementa un `ValueEventListener` proporcionado por Firebase para Android, que permite escuchar los cambios en los datos de ubicación almacenados. Esta interfaz extrae los valores de latitud y longitud de cada registro de ubicación, accediendo a la estructura jerárquica de Realtime Database denominado "Documentos". Esto garantiza que la interfaz reciba actualizaciones en tiempo real cada vez que se modifica la ubicación.

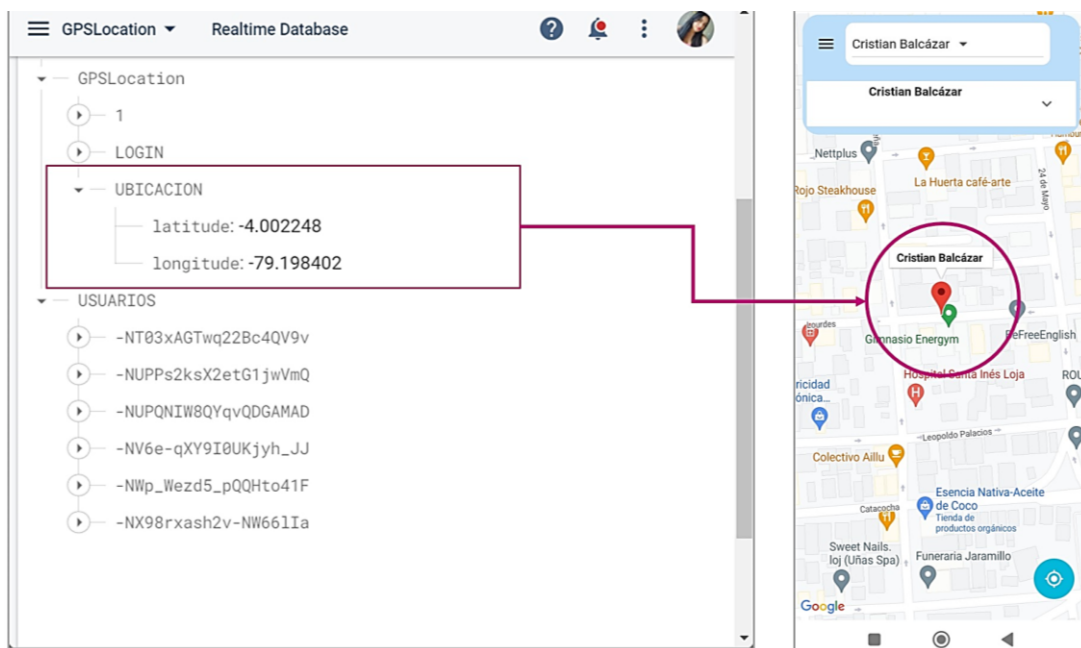
Después de extraer las coordenadas, se almacenan en variables locales en la aplicación móvil para actualizar el estado del mapa y mostrar la ubicación actualizada. A continuación, se utiliza la biblioteca `google_maps_flutter` para mostrar el mapa en la

interfaz. Se utiliza el widget GoogleMap para representar el mapa y se configuran las opciones de visualización, como la posición inicial y el nivel de zoom.

Finalmente, se crea un marcador utilizando la clase Marker de google_maps_flutter y se asignan las coordenadas de latitud y longitud obtenidas de la base de datos. Este marcador se etiqueta con el nombre del usuario seleccionado de la lista de usuarios a monitorear, como se muestra en la Figura 40. De esta manera, los usuarios pueden identificar fácilmente la ubicación de cada persona en el mapa.

Figura 40.

Visualización de coordenadas en tiempo real



Fuente: Elaboración propia.

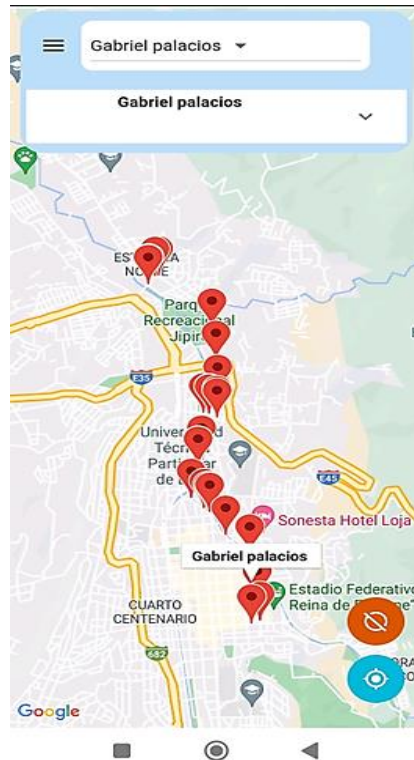
- **Historial de ubicación temporal**

La funcionalidad de historial de ubicación temporal resulta fundamental para que los usuarios puedan acceder a información detallada sobre sus movimientos anteriores en la aplicación móvil.

En la Figura 41 se muestra el historial del recorrido realizado por la persona monitoreada, brindando una visualización completa y detallada de sus desplazamientos. Esta función permite a los usuarios tener un registro completo de su trayectoria y analizar su historial de ubicación de manera conveniente y eficiente.

Figura 41.

Visualización del historial de desplazamiento del usuario



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.4. Establecimiento de Geocercas. El establecimiento de geocercas permite definir áreas geográficas específicas. En esta sección, se describirá el diseño e implementación de esta función, brindando a los usuarios la capacidad de establecer y gestionar geocercas de manera efectiva.

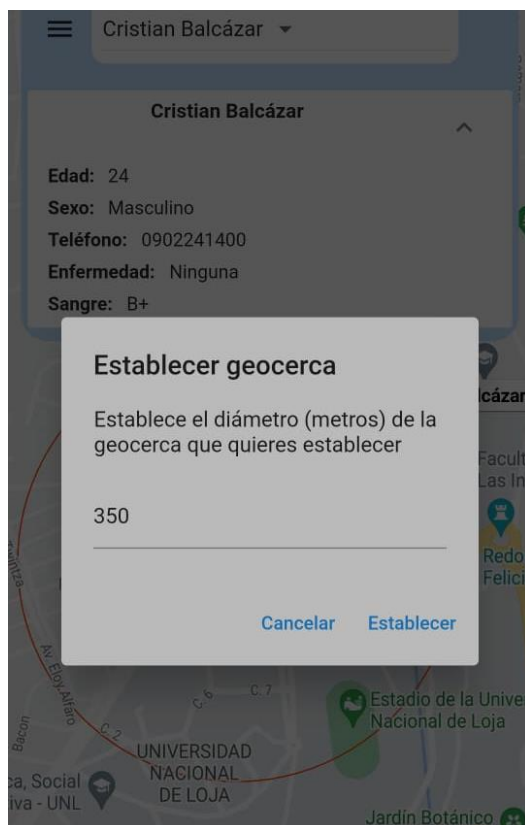
- **Diseño de la interfaz para el establecimiento de geocercas**

Se ha diseñado una interfaz de usuario intuitiva que muestra un mapa interactivo que permite establecer geocercas. La interfaz incluye controles visuales que permiten al usuario definir la posición central y ajustar el radio de la geocerca.

Como se ilustra en la Figura 42, se implementó un campo de entrada de texto en un cuadro de diálogo para que el usuario pueda ingresar el diámetro de la geocerca en metros. Se añadieron botones para cancelar o establecer la geocerca, permitiendo finalizar la configuración una vez que haya ingresado o ajustado el radio. Al hacer clic en el botón de establecer, se crea la geocerca con el radio especificado.

Figura 42.

Establecimiento de geocercas en la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia.

▪ **Implementación del establecimiento de geocercas**

Se instancia el widget GoogleMap para mostrar el mapa. Al tocar el mapa, se muestra un cuadro de diálogo (AlertDialog) que permite al usuario establecer una geocerca. El cuadro de diálogo solicita al usuario ingresar el diámetro de la geocerca en metros y envía una solicitud al servicio usersService para actualizarla. Si la actualización es exitosa, se dibuja la geocerca en el mapa utilizando el método drawGeofence.

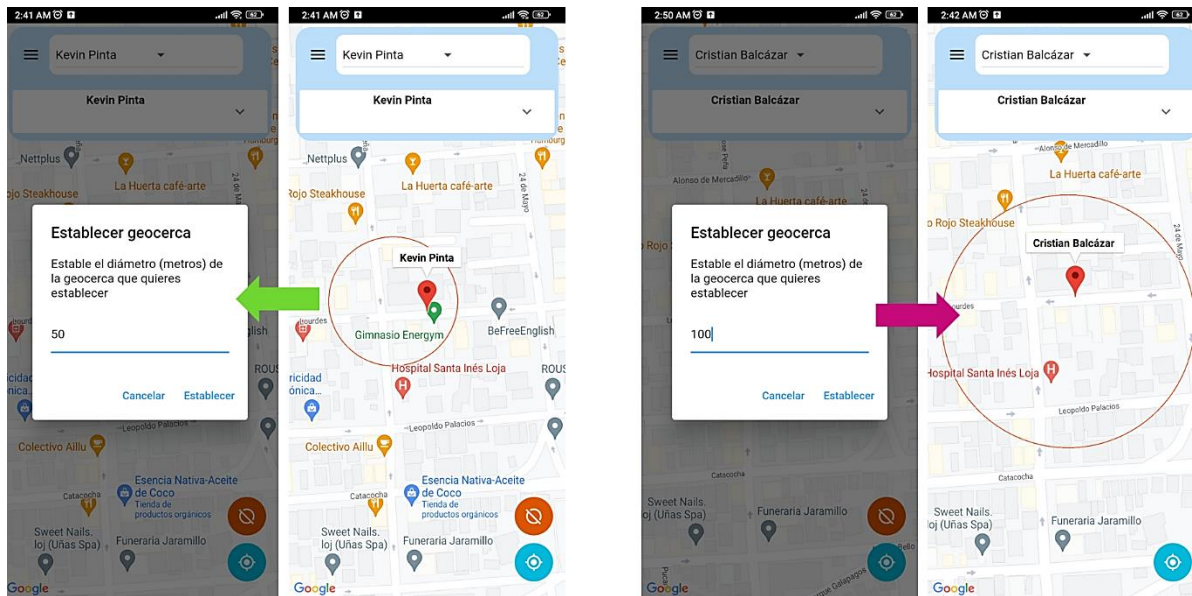
Para graficar geocercas en el mapa, se utiliza la clase Circle de la biblioteca Google Maps. Se crea una instancia de Circle asignando un identificador único (CircleId) y se establecen las propiedades de la geocerca, como su posición central y su radio. Luego, el objeto Circle se agrega al mapa utilizando el método addCircle de la clase GoogleMapController, encargada de gestionar el mapa interactivo.

Esto permite visualizar la geocerca en el mapa de la aplicación. Además de la representación gráfica, el código utiliza la propiedad outsideGeofence para indicar si la

posición actual del usuario se encuentra fuera de la geocerca. Esta información se utiliza para mostrar notificaciones específicas cuando el usuario está fuera de la geocerca definida. En la Figura 43, se ilustra el proceso de establecimiento de geocercas individuales para cada usuario.

Figura 43.

Proceso de establecimiento de geocercas individuales



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3.5. Notificación de alerta de forma local

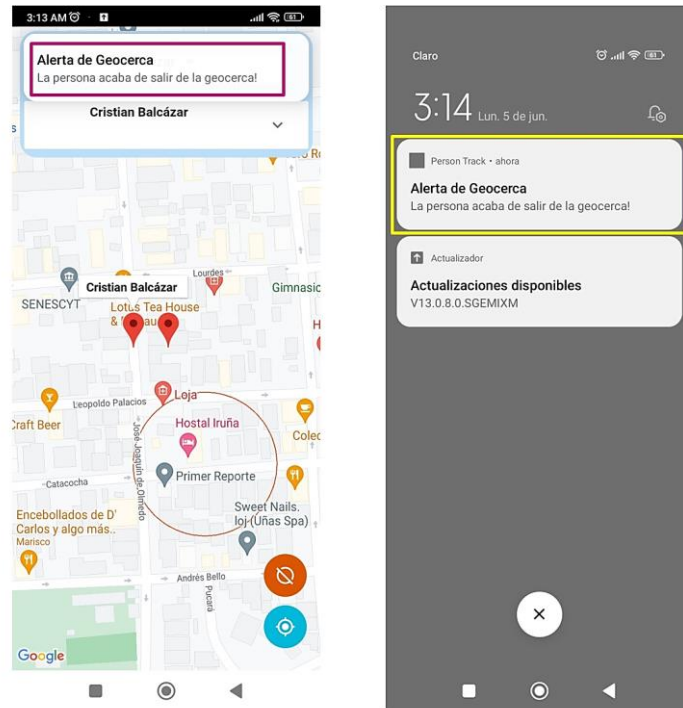
La notificación de forma local proporciona una alerta inmediata al usuario cuando la persona que está siendo monitorizada sale de la geocerca establecida. En esta sección, se describirá cómo se ha diseñado e implementado esta funcionalidad.

Se utiliza una biblioteca llamada `flutter_local_notifications` para mostrar notificaciones en la aplicación móvil. Para ello, se realiza una configuración inicial para las notificaciones en dispositivos Android.

Luego, se define una función `showNotification` que muestra una notificación con un título y un contenido específico. Al llamar a esta función, se genera una notificación en el dispositivo del usuario. En la Figura 44, se ilustra la funcionalidad de mostrar notificaciones locales en la aplicación.

Figura 44.

Notificación de alertas locales en la aplicación



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el desarrollo de la aplicación móvil ha sido cuidadoso y estructurado, resultando en una plataforma funcional y eficiente. Se han considerado los requisitos y funcionalidades específicas, lo que ha llevado a la creación de una aplicación que cumple con el objetivo del proyecto. La elección de herramientas adecuadas ha garantizado un rendimiento, seguridad y usabilidad óptimos. Además, la aplicación ofrece una solución efectiva para el monitoreo de ubicación y establecimiento de geocercas, satisfaciendo las necesidades del usuario.

6.6. Pruebas y Resultados Obtenidos

Esta sección presenta las pruebas de funcionamiento del prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real. Estas pruebas se dividieron en dos etapas: pruebas de funcionalidad del sistema y pruebas de funcionamiento de la estructura del sistema.

Las pruebas de funcionalidad, se enfocaron en evaluar el correcto desempeño del prototipo, verificando que todas las funcionalidades cumplan con los requisitos establecidos. Estas funcionalidades abarcan la visualización en tiempo real de la ubicación de la persona, la identificación de usuarios y el establecimiento de geocercas.

Por otro lado, las pruebas de funcionamiento de la estructura del sistema, se enfocaron en verificar el correcto funcionamiento de cada bloque que lo conforma. Estos bloques incluyen alimentación, obtención y almacenamiento de datos, transmisión de datos y visualización.

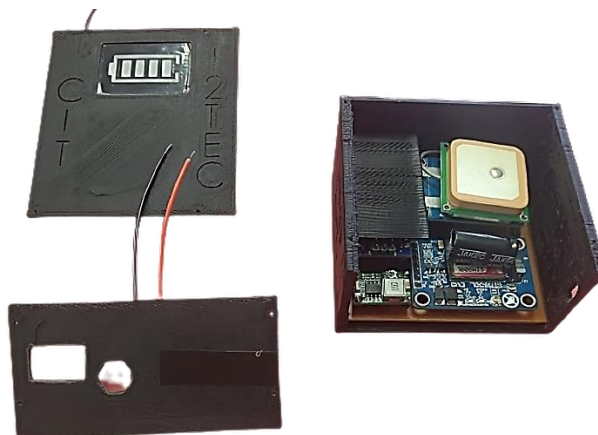
6.6.1. Pruebas de Funcionalidad del Sistema

Se llevaron a cabo pruebas de campo para validar el funcionamiento del prototipo y su sistema de monitoreo. Durante este proceso, se verificaron las diferentes funcionalidades del prototipo y se evaluó su interacción con el usuario final.

En la Figura 45, se presenta el prototipo final junto con la caja diseñada para su alojamiento. La caja se ha diseñado de manera compacta, teniendo en cuenta la comodidad del usuario y evitando molestias innecesarias.

Figura 45.

Prototipo final y caja 3D para su alojamiento



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 46, se visualiza al usuario portando el dispositivo, el cual está encendido y listo para su utilización. Con el propósito de evaluar la comodidad experimentada por el individuo al interactuar con el prototipo, se llevó a cabo una serie de pruebas en individuos de diversas edades; los resultados de estas pruebas se detallan en el Anexo 5.

Figura 46.

Pruebas de funcionalidad del dispositivo en uso

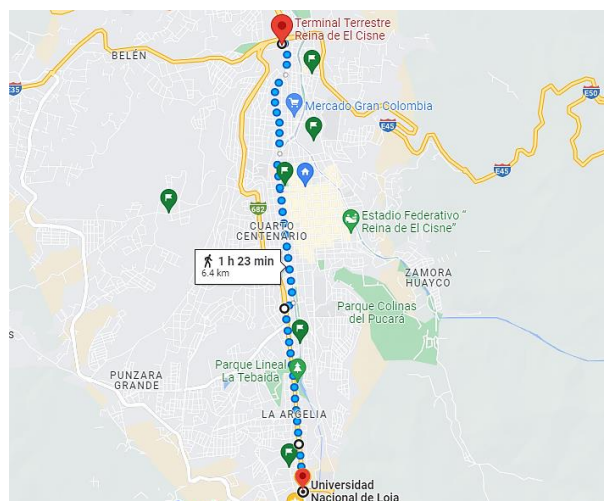


Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas correspondientes se llevaron a cabo realizando un recorrido desde el Terminal Terrestre Reina del Cisne hasta la Universidad Nacional de Loja, como se observa en la Figura 47.

Figura 47.

Trayectoria recorrida para la validación de las funcionalidades



Fuente: Elaboración propia.

Durante este recorrido, se verificó el correcto funcionamiento de todas las funcionalidades del sistema, y se realizaron las verificaciones correspondientes para cada una de ellas. A continuación, se detallan las evaluaciones realizadas.

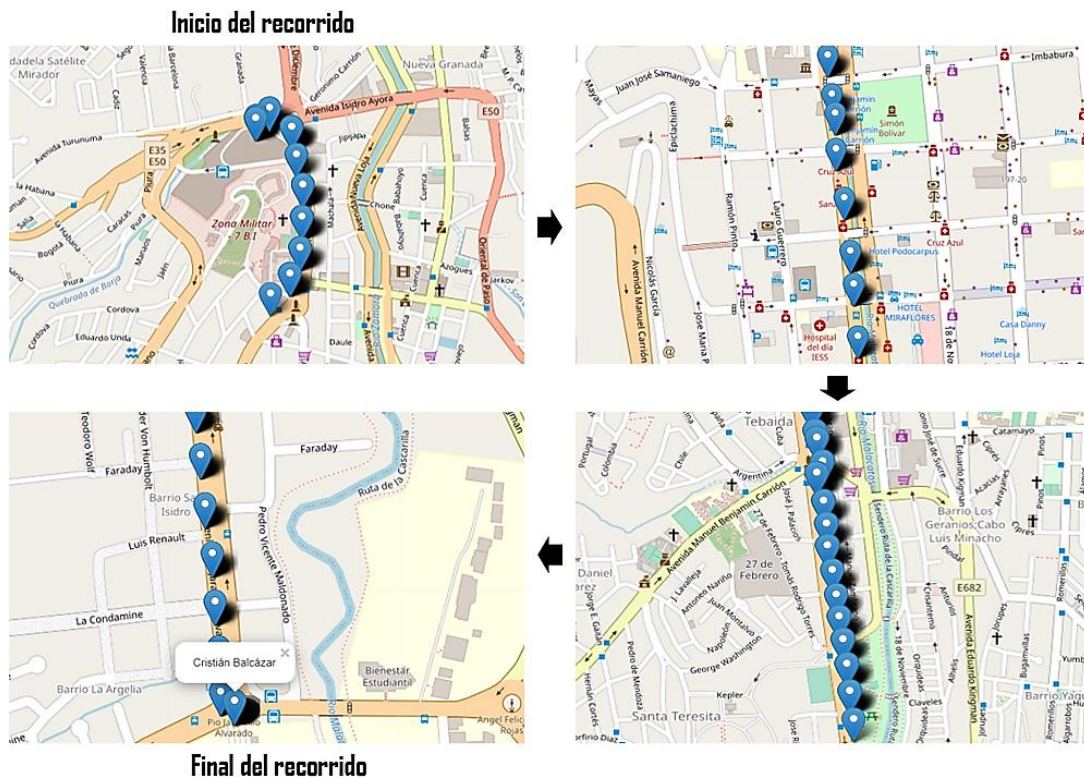
1. Pruebas de ubicación en tiempo real del usuario

La primera función del sistema brinda la ubicación en tiempo real de los usuarios con una precisión confiable y una velocidad de actualización rápida. Además, permite rastrear la ubicación de los usuarios, sin importar si se activó la función de geocercas.

En la Figura 48 se muestra en la página web la ubicación en tiempo real de la persona, así como toda la trayectoria recorrida.

Figura 48.

Pruebas de monitoreo de trayectoria del usuario en la web

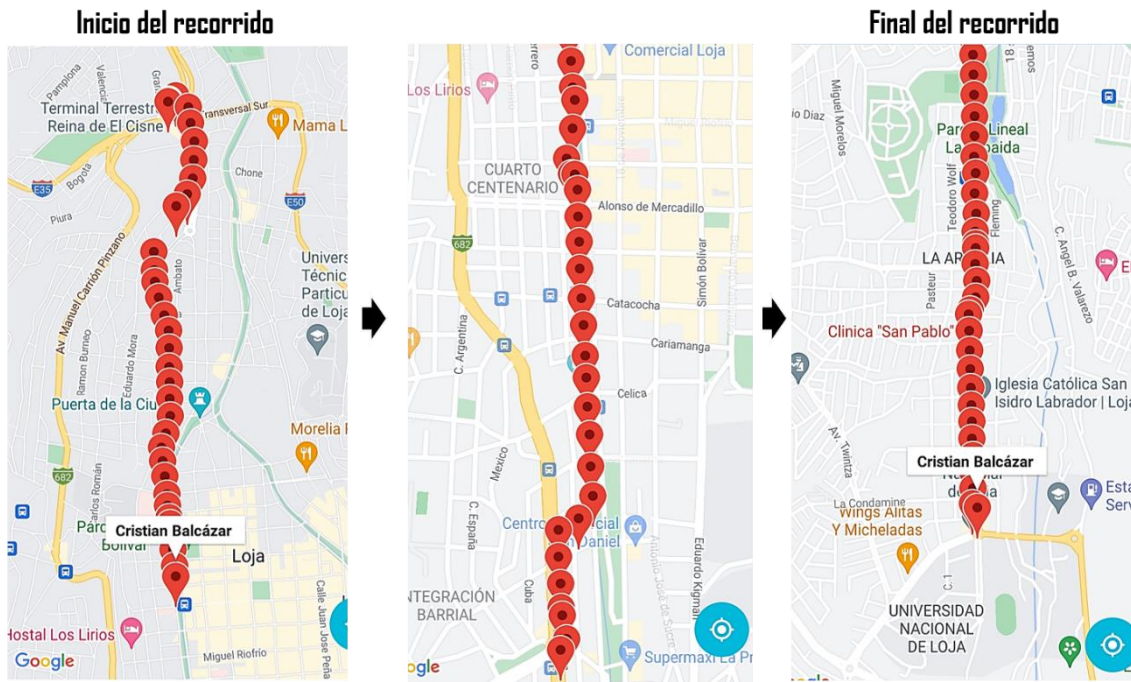


Fuente: Elaboración propia.

Además, en la Figura 49 se presenta el mismo resultado en la aplicación móvil del sistema. Esta combinación de interfaces proporciona a los usuarios la flexibilidad de acceder y monitorear la ubicación y trayectoria de la persona desde distintos dispositivos.

Figura 49.

Pruebas de monitoreo de trayectoria del usuario en la app



Fuente: Elaboración propia.

2. Prueba de localización de usuario mediante envío de SMS.

La segunda funcionalidad del sistema permite obtener la ubicación actual del usuario mediante el envío de un mensaje de texto, sin necesidad de acceder a la aplicación.

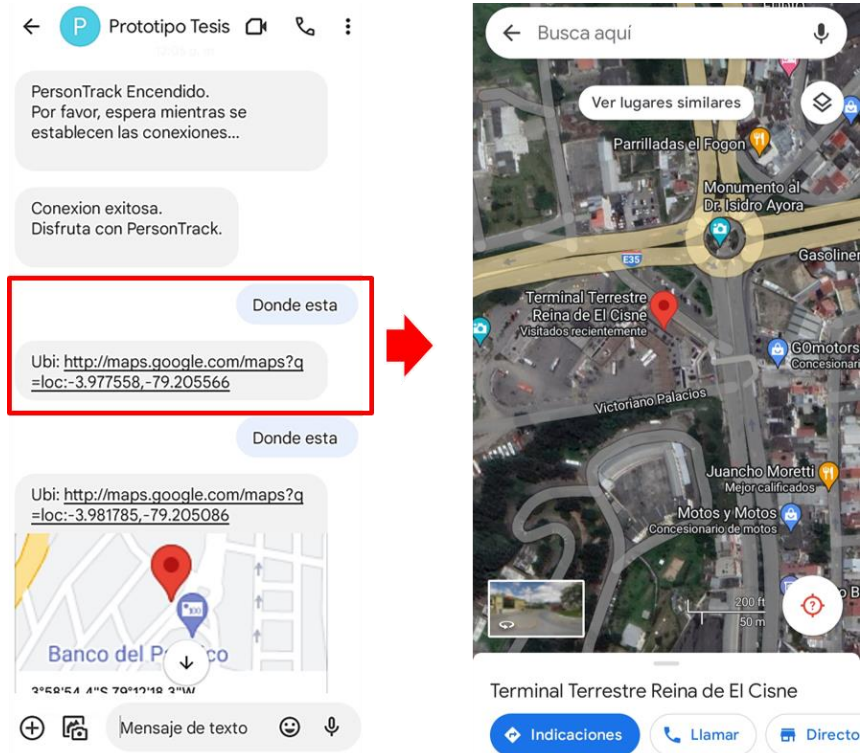
Para validar esta funcionalidad, se llevaron a cabo varias pruebas durante el recorrido, cuyos detalles se encuentran en el Anexo 6. La primera prueba tuvo lugar en el Terminal Terrestre Reina del Cisne de la Ciudad de Loja como se observa en la figura 50.

En la parte izquierda de la Figura 50, se puede observar el mensaje enviado por el usuario con la frase "donde esta". El prototipo del sistema recibe este mensaje, recopila los datos de ubicación necesarios y luego envía las coordenadas actualizadas al número registrado en el sistema.

Mientras que, en la parte derecha de la Figura 50, se observa la ubicación exacta del usuario en Google Maps, la cual se obtiene mediante la utilización de una URL generada por el prototipo.

Figura 50.

Prueba de localización de usuario a través de mensajes de texto



Fuente: Elaboración propia.

3. Prueba de identificación de usuarios

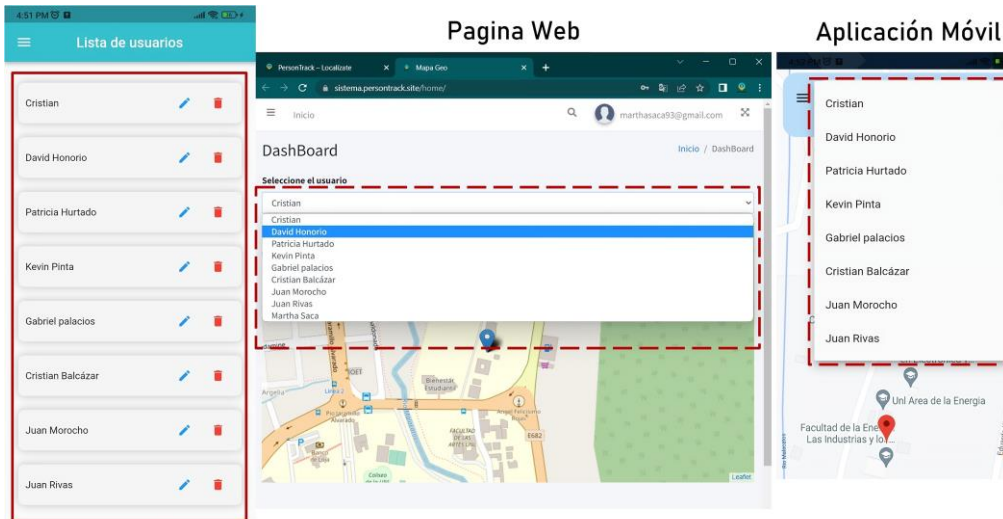
La tercera funcionalidad del sistema consiste en la identificación de usuarios, la cual requiere que se realice un proceso de registro para aquellos que utilizarán el dispositivo. Dicho registro implica recopilar información personal de cada usuario. Una vez registrados, los usuarios se mostrarán en la aplicación móvil y en la página web del sistema.

La visualización de los usuarios registrados se ha verificado y confirmado mediante la Figura 51. Se ha constatado que los usuarios se presentan de forma adecuada tanto en la aplicación móvil como en la página web del sistema.

Este funcionamiento asegura que cualquier modificación realizada se refleje de manera inmediata y precisa en ambas plataformas, brindando así una sincronización efectiva entre los diferentes dispositivos y garantizando la actualización inmediata de los datos correspondientes a los usuarios registrados.

Figura 51.

Prueba de funcionamiento de identificación de usuarios



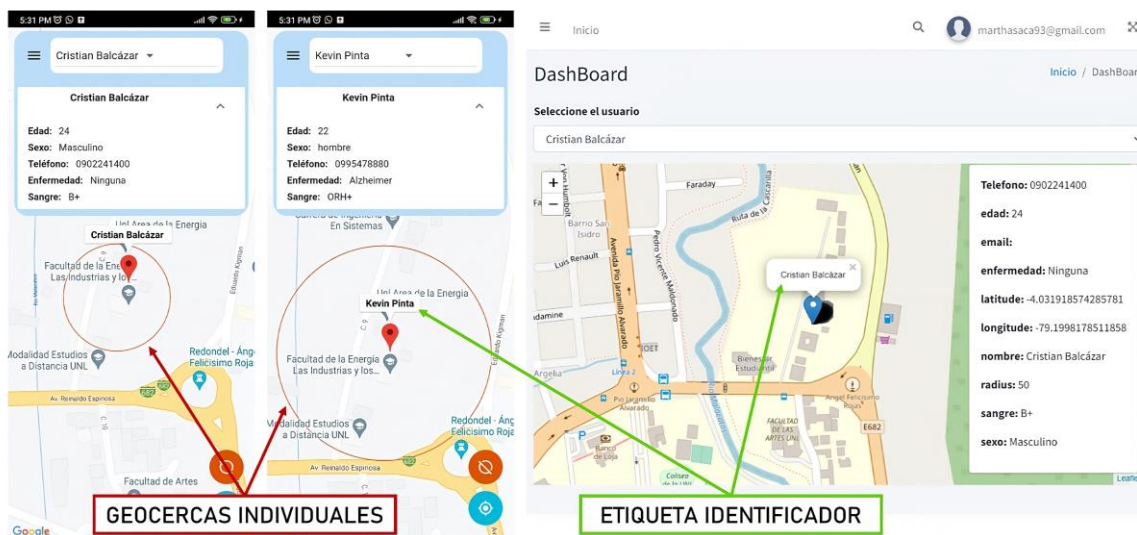
Fuente: Elaboración propia.

4. Pruebas de Funcionamiento de Geocercas

La cuarta funcionalidad evalúa el funcionamiento de las geocercas dentro de la ciudad de Loja, específicamente su capacidad de enviar alertas cuando un usuario sale del límite establecido. Para ello, se llevó a cabo pruebas en las que el usuario sale de las geocercas en varias ocasiones y cada usuario tiene asignada su propia limitación geográfica y su propio identificador, tal como se observa en la Figura 52.

Figura 52.

Establecimiento de geocercas y etiquetado de usuarios

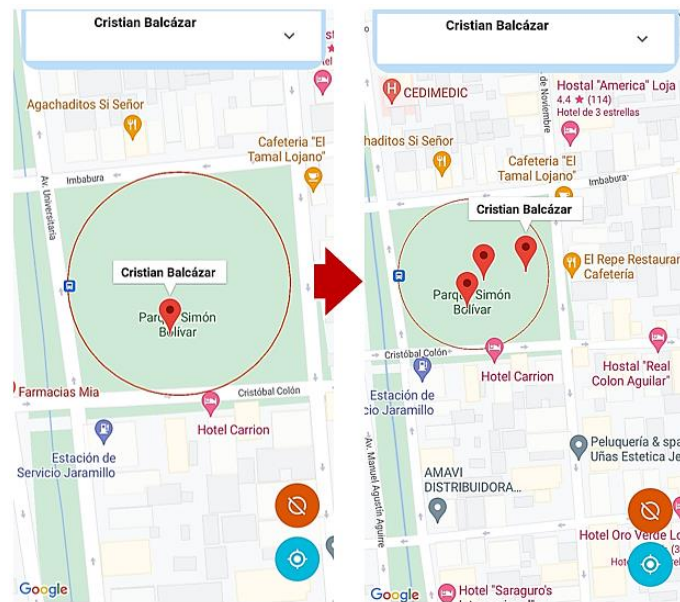


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 53, muestra el proceso de establecimiento de geocercas llevado a cabo en el Parque Bolívar, uno de los lugares evaluados durante el estudio. En la imagen, se puede apreciar tanto la delimitación de la geocerca como el recorrido realizado por el usuario dentro de la zona establecida.

Figura 53.

Seguimiento del Usuario dentro de la geocerca establecida



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 54, se puede identificar fácilmente que la persona excedió cinco veces el límite determinado y se obtuvieron cinco alertas de salida notificadas.

Figura 54.

Notificaciones de alerta cuando el usuario sobrepasa el límite



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se presentan de forma detallada las pruebas llevadas a cabo en diversos escenarios. Cada prueba incluye información sobre los recorridos realizados, destacando los puntos de interés y las acciones ejecutadas durante cada trayectoria. Para obtener más información sobre los recorridos específicos, se puede consultar el Anexo 7, donde se detallan los mapas y registros de las pruebas realizadas.

Tabla 9.

Pruebas de funcionamiento para el establecimiento de geocercas

Escenario	Ubicación	Número salidas de Geocerca	Numero de alertas recibidas	Porcentaje de eficiencia de Geocercas
Zonas Urbanas	Terminal Terrestre “Reina del Cisne”	5	5	100%
	El Valle	5	5	100%
Parques	Parque Recreacional Jipiro	5	5	100%
	Parque Simón Bolívar	5	5	100%
	Parque Lineal de la Tebaida	5	5	100%
Centros Educativos	Unidad Educativa Fiscomisional “Daniel Álvarez Burneo”	5	5	100%
	Unidad Educativa "Manuel Ignacio Monteros Valdivieso"	5	5	100%
	Unidad Educativa Fiscomisional "Mater Dei"	5	5	100%
Salidas Urbanas	Salida a Catamayo	5	5	100%
	Salida a Cuenca	5	5	100%
	Salida a Vilcabamba	5	5	100%
	Salida a Zamora	5	5	100%

El porcentaje de éxito obtenido en estas pruebas fue de un 100% de efectividad, lo que indica que la funcionalidad de las geocercas cumple con los requerimientos planteados. Estos resultados confirman la capacidad del sistema para proporcionar una supervisión efectiva y precisa de los movimientos de los usuarios dentro de las geocercas establecidas. Con esta información valiosa, se pueden tomar decisiones oportunas para mantener la seguridad y prevenir situaciones no deseadas.

6.6.2. Pruebas de Funcionamiento del Prototipo por Bloques

Con el objetivo de evaluar la eficiencia de cada bloque del sistema, se llevó a cabo múltiples escenarios de pruebas que representan diversas situaciones de uso en la ciudad de Loja. Estos escenarios incluyeron áreas urbanas, parques, calles con alta afluencia de

personas y centros educativos. Además, cada escenario se seleccionó estratégicamente para cubrir diferentes condiciones y desafíos potenciales que podrían influir en el desempeño de cada bloque que comprende la estructura del prototipo.

6.6.2.1. Bloque de Alimentación. Durante las pruebas del bloque de alimentación, se evaluó el rendimiento óptimo de la batería para determinar su duración en el tiempo que el prototipo se encuentra encendido. Esta duración se evaluó mediante la Ecuación 1, que permite calcular cuantitativamente el período en el que la batería suministrará energía al prototipo, asegurando su funcionamiento adecuado.

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (1)$$

Donde:

H = Autonomía de la batería

Wb = Potencia de la batería

Wc = Potencia consumida

La determinación de la potencia de la batería y la potencia consumida por el circuito se logra mediante las ecuaciones 2 y 3:

$$Wb = Vb \times Ib \quad (2)$$

$$Wc = Vb \times Ic \quad (3)$$

Donde:

Vb = Voltaje de la batería

Ib = Corriente de la batería

Ic = Corriente consumida

En primer lugar, se realiza el cálculo del consumo de corriente que se espera en el circuito, basándose en los datasheets de cada componente utilizado. La Tabla 10 proporciona información sobre la corriente total consumida por el prototipo.

Tabla 10.

Consumo de corriente de cada componente utilizado

Componente	Consumo de Corriente (mAh)
Arduino Nano	19
Modulo SIM800L V2	500
Modulo GPS neo6M	11
Total	530

Una vez obtenido este valor, se realiza el cálculo utilizando la relación establecida en la Ecuación 1. Cabe destacar que en este caso se utiliza una batería de litio con una capacidad de 7.4 V y 1800 mAh.

$$W_b = V_b \times I_b$$

$$W_b = 7.4 \text{ V} \times 1.8 \text{ Ah}$$

$$W_b = 13.32 \text{ W}$$

$$W_c = V_b \times I_c$$

$$W_c = 7.4 \text{ V} \times 0.53 \text{ Ah}$$

$$W_c = 3.92 \text{ W}$$

$$H = \frac{W_b}{W_c}$$

$$H = \frac{13.32 \text{ W}}{3.92 \text{ W}}$$

$$H \approx 3.40 \text{ horas}$$

Es importante tener en cuenta que el resultado de la autonomía de la batería de 3.40 horas, obtenido mediante cálculos matemáticos, se basa en la suposición de que todos los componentes están consumiendo la corriente máxima. Sin embargo, es poco probable que los componentes siempre operen a su máximo consumo de corriente, lo que implica que la duración de la batería se extenderá en tales situaciones.

Con el fin de evaluar esta situación, se realizó una prueba práctica donde se encendió el prototipo y se registró el tiempo necesario para que la batería se descargara por completo, tal como se observa en la Figura 55.

Figura 55.

Prueba de duración de la batería con el prototipo



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la prueba física realizada, se determinó que la autonomía de la batería es de 6.3 horas. Esta duración se atribuye al hecho de que los componentes del circuito no siempre operan en su nivel máximo de consumo de corriente. Con esta capacidad de funcionamiento de la batería, el prototipo ofrece un tiempo adecuado de operación, lo cual se considera satisfactorio.

Es importante tener en cuenta que el tiempo estimado corresponde con el 25% restante de la carga de la batería, que es indicado por la última celda encendida en el indicador de nivel de carga. Si se utiliza el prototipo hasta este punto, no se afectará la vida útil de la batería ni el funcionamiento del sistema electrónico. Sin embargo, si se supera este lapso de tiempo, la vida útil de la batería se verá afectada, al igual que otras funcionalidades del sistema. Se recomienda evitar utilizar el prototipo hasta agotar completamente la carga para mantener su rendimiento óptimo y prolongar la vida de la batería.

6.6.2.2. Bloque de obtención y procesamiento de datos. Con el fin de verificar la precisión de los datos obtenidos en este bloque, se realizó un análisis del margen de error de las coordenadas geográficas proporcionadas por el receptor GPS del prototipo.

Para ello, se realizó una comparación utilizando un GPS comercial de alta precisión conocido como GPSMAP 60CSx, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 56. Todas las evidencias pertinentes se encuentran detalladas en el Anexo 8. El objetivo principal de este análisis fue evaluar la precisión del prototipo en la obtención de coordenadas geográficas confiables.

Figura 56.

Dispositivos GPS evaluados



Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones se llevaron a cabo en condiciones climáticas normales y en diversos entornos geográficos. Estos resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11.

Coordenadas geográficas obtenidas por cada dispositivo

Escenario	Prototipo “PersonTrack”		GPSMAP 60CSx		Diferencia Prototipo vs. GPSMAP 60CSx	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Edificio de laboratorios de FEIRNNR	-4.030032	-79.169608	-4.030056	-79.169611	0.000024	0.000069
Salida de la facultad de la Energía (Mesa Solar)	-4.031765	-79.199928	-4.031777	-79.199972	0.000012	0.000044
Redondel de la UNL	-4.032977	-79.202423	-4.032972	-79.202416	0.000005	0.000007
Redonde la de la Tebaida	-4.011950	-79.204384	-4.011916	-79.204388	0.000034	0.000004
Monumento del León	-4.001477	-79.204903	-4.001527	-79.204888	0.000005	0.000015

Los resultados revelan que el prototipo ofrece coordenadas geográficas altamente similares a las proporcionadas por el GPS comercial. Las ligeras variaciones, detalladas en la Tabla 11, podrían atribuirse a las diferencias de precisión entre los dispositivos utilizados y a posibles interferencias en la señal del GPS. Estos hallazgos respaldan la viabilidad del prototipo como una opción confiable para obtener coordenadas geográficas.

6.6.2.3. Bloque de transmisión de datos. En este bloque, se evalúa la eficiencia del prototipo al calcular el margen de error en el almacenamiento de las coordenadas. Esto se logra comparando la cantidad de paquetes perdidos durante la transmisión de datos desde el prototipo hacia la base de datos con los paquetes recibidos correctamente.

En este sentido, se realizó una prueba de funcionamiento durante un período de 3 horas para obtener resultados confiables. Durante esta prueba, se identificaron casos de pérdida de datos al enviar la información al servidor, como se observa en la Figura 57. Esta figura muestra el registro de 18 paquetes recolectados, los cuales se utilizan para analizar los datos perdidos durante la prueba de funcionamiento. Todos los paquetes recolectados se encuentran detallados en el Anexo 9.

Por ejemplo, en el cuadro rojo se observa la falta de un dato correspondiente al minuto 21:41, lo cual se considera como 1 paquete perdido. Asimismo, en el cuadro azul, se evidencia la pérdida de otro dato en el minuto 21:51, por lo que se anotó como el segundo paquete perdido. De esta forma se muestra cómo se analizaron los datos perdidos durante la prueba de funcionamiento.

Figura 57.

Registro de los paquetes almacenados en la base de datos

	id	lat	lng	created_date
<input type="checkbox"/>	151	-4.032779	-79.204300	2023-07-16 21:19:22
<input type="checkbox"/>	152	-4.032949	-79.204132	2023-07-16 21:21:22
<input type="checkbox"/>	153	-4.033001	-79.204140	2023-07-16 21:23:22
<input type="checkbox"/>	154	-4.033043	-79.204071	2023-07-16 21:25:22
<input type="checkbox"/>	155	-4.033081	-79.204086	2023-07-16 21:27:22
<input type="checkbox"/>	156	-4.032992	-79.204140	2023-07-16 21:29:22
<input type="checkbox"/>	157	-4.033112	-79.204086	2023-07-16 21:31:22
<input type="checkbox"/>	158	-4.033488	-79.203903	2023-07-16 21:33:23
<input type="checkbox"/>	159	-4.033314	-79.204025	2023-07-16 21:35:23
<input type="checkbox"/>	160	-4.033077	-79.204163	2023-07-16 21:37:24
<input type="checkbox"/>	161	-4.033079	-79.204201	2023-07-16 21:39:23
<input type="checkbox"/>	162	-4.033176	-79.204140	2023-07-16 21:43:23
<input type="checkbox"/>	163	-4.033082	-79.204124	2023-07-16 21:45:23
<input type="checkbox"/>	164	-4.033117	-79.204140	2023-07-16 21:47:23
<input type="checkbox"/>	165	-4.032946	-79.204300	2023-07-16 21:49:23
<input type="checkbox"/>	166	-4.032409	-79.204468	2023-07-16 21:53:23
<input type="checkbox"/>	167	-4.033078	-79.204208	2023-07-16 21:55:24
<input type="checkbox"/>	168	-4.032787	-79.204285	2023-07-16 21:57:24

Annotations in the image:
 - A red box highlights the 'created_date' for row 161 (2023-07-16 21:39:23).
 - A red box highlights the 'created_date' for row 162 (2023-07-16 21:43:23).
 - A red box highlights the time 2023-07-16 21:41:23, with a red arrow pointing from the red box in row 162 to it.
 - A green box highlights the 'created_date' for row 165 (2023-07-16 21:49:23).
 - A green box highlights the time 2023-07-16 21:51:23, with a green arrow pointing from the green box in row 165 to it.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar la prueba durante el período de tres horas, se esperaba recolectar un total de 90 paquetes de datos. Sin embargo, se identificaron tres paquetes perdidos que no fueron almacenados en la base de datos durante el período analizado. Estos paquetes perdidos representan un margen de error en la captura y almacenamiento de las coordenadas. Para evaluar este porcentaje de error se utiliza la relación establecida en la Ecuación 4.

$$Error_{Almacenamiento} = \frac{Errores\ registrados}{Muestras\ tomadas} * 100 \quad (4)$$

$$Error_{Almacenamiento} = \frac{3}{90} * 100$$

$$Error_{Almacenamiento} = 3.333\%$$

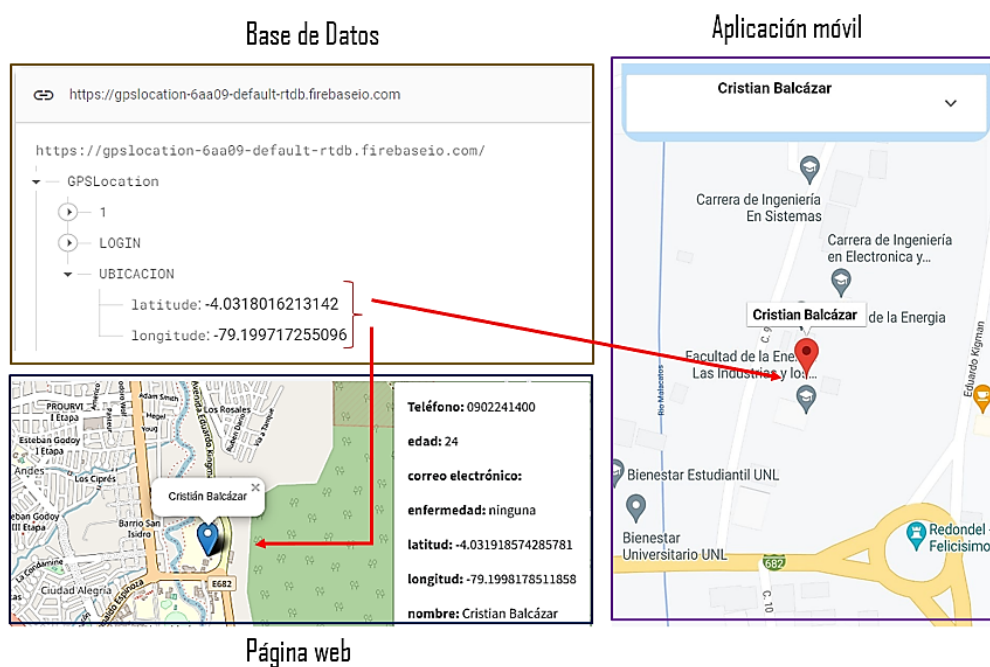
Basándonos en el resultado obtenido, el margen de error del prototipo es del 3.333% al momento de enviar los datos desde el dispositivo hacia la base de datos. Por lo tanto, el prototipo de localización muestra un nivel de efectividad del 96.666% al almacenar las coordenadas en la base de datos. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que la pérdida de estos paquetes puede estar influenciada por diversos factores, como errores de transmisión, problemas de conectividad o limitaciones inherentes al sistema.

6.6.2.4. Bloque de visualización. Para evaluar el rendimiento de este bloque, se llevaron a cabo pruebas en tiempo real para verificar la correcta visualización de los datos. Durante estas pruebas, se verificó la capacidad del sistema para mostrar los datos de manera simultánea y precisa en la base de datos de Firebase, la aplicación móvil y la página web.

La Figura 58 muestra la base de datos en tiempo real Firebase Realtime Database, donde se pueden ver los datos capturados de longitud y latitud. Estos datos son visibles en la aplicación móvil y también se reflejan de manera consistente en la página web. La sincronización de datos entre las dos interfaces garantiza una experiencia unificada y confiable para los usuarios al acceder a la información de ubicación.

Figura 58.

Sincronización de datos entre la app móvil y la página web



Fuente: Elaboración propia

6.7. Análisis Económico del Proyecto.

En esta sección, se realiza un análisis detallado de los costos económicos involucrados en la construcción del prototipo de localización y el sistema de monitoreo. Para determinar una cotización estimada del producto final, se han considerado los valores unitarios vigentes en el mercado.

En este análisis, se han considerado dos aspectos importantes para calcular el presupuesto total del proyecto: el presupuesto destinado a la construcción del sistema electrónico y el presupuesto asignado a los servicios contratados para las etapas de almacenamiento y monitoreo. Todos estos elementos se encuentran descritos en detalle en la Tabla 12.

Tabla 12.

Presupuesto económico del prototipo de localización de personas

Presupuesto Económico del Proyecto				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Costo de implementación	Placa de desarrollo Arduino Nano	1	\$ 15	\$ 15
	Modulo GPRS SIM 800L	1	\$ 20	\$ 20
	Modulo GPS NEO 6mv2	1	\$ 15	\$ 15
	Batería LiPo de 7.4 V 1800 mAh	1	\$ 20	\$ 20
	Módulo de carga DDTCCRUB	1	\$ 7	\$ 7
	Regulador de voltaje MP2307DN Mini-360	2	\$ 3	\$ 6
	Diseño e impresión 3D	7 horas	\$ 4	\$ 28
	Correa de color negro regulable	1	\$ 3	\$ 3
	Protector del prototipo	1	\$ 20	\$ 20
Subtotal				\$ 134
Costo de servicio	Dominio con certificado SSL	1 año	\$ 15	\$ 15
	Hosting	1 año	\$ 40	\$ 40
	Tema Phlox	ilimitado	\$ 50	\$ 30
	Paquete de 10 Gigas de la operadora Claro	1 mes	\$ 10	\$ 10
Subtotal				\$ 95

Para obtener el valor total del presupuesto económico del prototipo de localización de personas, se realiza una sumatoria del presupuesto de construcción y el costo de servicio, según se muestra en la Ecuación 5.

$$\text{Costo Total} = \text{Costo_construcción} + \text{Costo_servicios} \quad (5)$$

$$\text{Costo Total} = \$ 134 + \$ 95$$

$$\text{Costo Total} = \$ 229$$

En la elaboración del presente proyecto de titulación, se realizó una inversión de \$ 229, la cual fue financiada con recursos propios de los tesisistas. Es importante destacar que este costo se debe a que el prototipo fue desarrollado desde cero. En caso de que el dispositivo sea comercializado en el futuro, se espera que el costo del producto disminuya significativamente, ya que la programación, el diseño y los planos de construcción ya se encuentran elaborados y podrían ser reutilizados.

7. Discusión

Tras llevar a cabo una serie de pruebas exhaustivas para evaluar la eficiencia del sistema en diferentes escenarios dentro de la ciudad de Loja, se ha logrado obtener un alto grado de funcionamiento. A continuación, se analizan los siguientes parámetros con base en los resultados obtenidos durante estas pruebas.

Evaluación de las funcionalidades: Los resultados obtenidos al evaluar cada una de las funcionalidades reflejan un rendimiento óptimo. La localización de usuarios en tiempo real, la localización a través de mensajes de texto y el establecimiento de geocercas han demostrado una eficiencia del 99%.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta eficiencia puede verse ligeramente afectada por la cobertura de la red GSM, ya que, en áreas con poca cobertura, la comunicación del prototipo puede no ser óptima. Por otro lado, el registro de usuarios a través de la aplicación alcanza una funcionalidad del 100%, ya que no depende de la cobertura GSM y se puede realizar con mayor facilidad utilizando una red WIFI.

Autonomía de la batería: Tras analizar los resultados obtenidos, se pudo determinar que la batería del dispositivo presenta una durabilidad aproximada de 6.3 horas sin necesidad de recargarla. Sin embargo, en situaciones de máximo consumo de corriente, la batería tiene una durabilidad aproximada de 3.40 horas. Estos resultados permiten tener una idea clara del tiempo de uso que se puede esperar del prototipo en diferentes escenarios de uso.

Análisis de Fiabilidad del Sistema: Tras realizar diversas pruebas en diferentes escenarios, se ha determinado que la fiabilidad del sistema es del 100% en espacios abiertos y áreas con amplia cobertura. Sin embargo, esta fiabilidad disminuye al 70% en espacios cerrados, zonas con obstrucciones y lugares con cobertura GSM escasa.

Estos inconvenientes se deben a la dificultad del dispositivo para establecer una línea de vista directa con los satélites GPS y a la debilidad de la cobertura GSM, lo que afecta la transmisión de señales en estos entornos. Cuando el dispositivo no captura correctamente la señal GPS, entra en un bucle hasta restablecerla, o en caso de que la señal GPS logre traspasar la información, la débil cobertura GSM impide su transmisión. Sin embargo, es importante destacar que una vez que el prototipo sale de estos espacios y recupera la señal GPS y GSM, continúa funcionando con normalidad.

8. Conclusiones

Luego de finalizar el proyecto de titulación, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El desarrollo de este prototipo logró establecer un sistema de localización, monitoreo e identificación de personas en tiempo real, que satisface las expectativas del usuario final. El producto destaca por su tamaño adecuado, su precio accesible y la eficiencia del sistema.
- El sistema se desarrolló integrando tecnologías avanzadas como GSM/GPRS/GPS. La tecnología GPS posibilita la obtención de la ubicación de la persona, mientras que GSM/GPRS permite la transmisión y recepción de datos a través de la red móvil. Esta combinación de tecnologías posibilita un seguimiento eficiente y preciso mediante una interfaz web o móvil.
- La efectividad del sistema se encuentra directamente condicionada por la disponibilidad y cobertura de la red GSM en la zona de implementación. En áreas despejadas y con una mayor cobertura, el dispositivo muestra un desempeño del 100%, a diferencia de zonas con obstrucciones y menor cobertura, donde el rendimiento del prototipo disminuye significativamente. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la calidad de la señal GSM y las condiciones climáticas del entorno al implementar y evaluar la viabilidad del prototipo.
- La evaluación de la precisión en los datos de ubicación del prototipo se llevó a cabo mediante la comparación de la información recopilada por el GPS NEO 6M con las coordenadas proporcionadas por un dispositivo GPS comercial, el GPSMAP 60CSx. Los resultados de estas pruebas resaltan una alta similitud entre las coordenadas geográficas, respaldando la confiabilidad y precisión del prototipo en la obtención de datos de ubicación precisos. Este nivel de precisión establece una base sólida para la utilidad práctica y la efectividad del prototipo en entornos del mundo real.
- El nivel de efectividad del dispositivo alcanza el 96.666% en la transmisión de datos hacia la base de datos, con un margen de error del 3.34%. Este margen se atribuye a posibles errores de transmisión o problemas de conectividad, situaciones que son comunes en sistemas de comunicación inalámbrica. Estos resultados proporcionan una perspectiva valiosa sobre la robustez y la fiabilidad del prototipo en condiciones operativas.

- La autonomía de la batería se estima en aproximadamente 6.30 horas, según las pruebas de funcionamiento prácticas realizadas en el prototipo. Sin embargo, cuando los componentes del dispositivo operan a su máximo consumo de corriente, la duración se reduce a 3.4 horas. Es importante tener en cuenta que es poco probable que los componentes siempre operen a su máximo consumo de corriente, ya que esto ocurre principalmente en situaciones de baja cobertura GSM. Por lo tanto, la autonomía de la batería en condiciones normales de uso es significativamente prolongada.

9. Recomendaciones

A partir del trabajo realizado en este documento, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda adquirir un conocimiento sólido sobre el manejo del prototipo para aprovechar al máximo sus capacidades. Es importante familiarizarse con las diferentes funcionalidades de la aplicación móvil y la página web asociada. Para lograrlo, se sugiere leer detenidamente el manual de usuario y consultar la información proporcionada en la página web del proyecto.
- Es fundamental prestar especial atención al indicador de batería del prototipo. Este indicador ha sido implementado con el propósito de proteger la batería, asegurar una vida útil más prolongada y garantizar el óptimo funcionamiento de todos los componentes.
- Se sugiere encender el prototipo en un área al aire libre para facilitar una inicialización rápida y efectiva. Después de encenderlo, es recomendable esperar unos minutos para recibir los mensajes de confirmación que indican que el prototipo está listo para su uso.
- Es esencial tener en cuenta que, para el correcto funcionamiento del prototipo, es necesario asegurarse de que la zona donde se encuentre disponga de cobertura GSM.
- Para futuros trabajos, se sugiere analizar la factibilidad del uso del prototipo tanto en zonas rurales como en otras ciudades del país.
- Se recomienda explorar la viabilidad de integrar tecnologías más modernas para la transmisión de datos en las futuras mejoras del proyecto.
- Para futuras mejoras, se sugiere integrar la posibilidad de que la aplicación móvil del prototipo esté disponible en las tiendas oficiales de aplicaciones móviles.

10. Bibliografía

- Alzheimer's Association. (2023). *¿Qué es el Alzheimer? | Español | Alzheimer's Association*. <https://www.alz.org/alzheimer-demencia/que-es-la-enfermedad-de-alzheimer>
- Android. (2023, May 9). *Introducción a Android Studio | Android Studio | Android Developers*. <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Armetrics. (2022). *Qué es Geolocalización - Definición, significado y ejemplos*. <https://www.armetrics.com/glosario-digital/geolocalizacion>
- Becvar, Z., Mach, P., & Pravda, I. (2018). *Redes móviles. Primera edición*, 13–40. <http://improvet.cvut.cz>
- Castaña, M. (2012). *Fundamentos del sistema GPS*. https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual/pluginfile.php/8894/mod_resource/content/0/Manual_GPS_Rev01.pdf
- Castelán, J. (2022, June 28). *10 ventajas y desventajas de PHP | Talently Blog*. <https://talently.tech/blog/ventajas-de-php/>
- CCSC. (2017). *Plan Estratégico del Consejo Cantonal de Seguridad Ciudadana*. https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/ccscl/lotaip2018/plan_estrategico_o_escaneado.pdf
- Clinic, M. (2023). *Enfermedad de Alzheimer - Síntomas y causas - Mayo Clinic*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/alzheimers-disease/symptoms-causes/syc-20350447>
- Condemi, J. (2022, December 16). *Sistemas embebidos: qué son y para qué se utilizan |*. https://www.innovaciondigital360.com/iot/sistemas-embebidos-que-son-y-para-que-se-utilizan/#Que_es_un_sistema_embebido
- Defense, U. S. D. of. (2008). *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard [Norma de rendimiento del servicio de posicionamiento estándar del Sistema de Posicionamiento Global]*. <https://doi.org/10.21949/1503647>
- Deyimar, A. (2023, May 12). *¿Qué es cPanel? Pros y contras + cómo usarlo*. <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-cpanel#Software>
- ECDISIS ESTUDIO. (2020, November 18). *¿Qué es Leaflet para WordPress? - Ecdisis Estudio*. <https://ecdisis.com/que-es-leaflet-para-wordpress/>
- Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); GSM/EDGE Radio transmission and reception (3GPP TS 45.005 version 15.1.0 Release 15) TECHNICAL SPECIFICATION GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS, Pub. L. No. V15.1.0, 15 (2018). https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/145000_145099/145005/15.01.00_60/ts_14500

5v150100p.pdf

- Firestore. (2023, March 25). *Firestore Realtime Database* | *Firestore Realtime Database*.
<https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>
- Flutter. (2020). *Flutter - Crea hermosas aplicaciones nativas en tiempo récord*.
<https://esflutter.dev/>
- GAO. (2021). *GPS MODERNIZATION [MODERNIZACIÓN DEL GPS]*.
<https://www.gao.gov/assets/gao-21-145.pdf>
- García, S. (2017). “*Ciencia, Tecnología y sociedad: entorno global en el desarrollo del GPS.*”
https://oa.upm.es/49357/1/PFC_SUSANA_ALICIA_GARCIA_BAHON.pdf
- Gingles, L. (2016, September 2). *30 Cosas Que Debes Saber Sobre Los Códigos QR - UQR.me*. <https://uqr.me/es/cosas-que-debes-saber-sobre-codigos-qr/>
- GISGeography. (2022, May 31). *Cómo funcionan los receptores GPS* .
<https://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>
- Google Cloud. (2020, May 18). *Compila aplicaciones escalables con Firestore* | *Cloud Architecture Center* | *Google Cloud*.
<https://cloud.google.com/architecture/building-scalable-apps-with-cloud-firestore?hl=es-419>
- Google Maps Platform. (2023). *Descripción general del SDK de Maps para Android* | *Maps SDK for Android* | *Google for Developers*.
<https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/overview?hl=es-419>
- Guerrero, S. A. (2004). *TECNOLOGÍAS MÓVILES MIS 204*.
<https://cursos.aiu.edu/Tecnologias Moviles/PDF/Tema 5.pdf>
- Gustavo, B. (2023, June 5). *¿Qué Es La Base De Datos De WordPress? Todo Lo Que Necesitas Saber*. <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-base-datos-wordpress>
- Huidobro, J. M. (2001). *Funciones en los nodos GPRS. 2001*.
https://www.coit.es/sites/default/files/archivobit/pdf/bit_128_que_es_jose_manuel_huidobro.pdf
- La Hora. (2022, May 14). *Aumento de inseguridad preocupa a los lojanos – Diario La Hora*. <https://www.lahora.com.ec/loja/aumento-inseguridad-preocupa-lojanos/>
- Lizón, G. R. (2001). *Proyecto Fin de Carrera Capítulo 1: El sistema GSM El sistema GSM Introducción*.
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19023/Memoria_Lizon_Gonzalez_Roberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López David. (2022). *Aplicación móvil y periférico GPS como herramienta en la prevención de la desaparición involuntaria de personas en México. Exploraciones*,

- Intercambios y Relaciones Entre El Diseño y La Tecnología*, 29.
<https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- López, J. C. (2021, February 2). *¿Qué es la red GSM y cómo funciona? - CCM*.
<https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles#que-es-el-estandar-gsm>
- Microsoft. (2023, May 5). *¿Qué es VisualStudio? | aprender*.
<https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2022>
- Mutleq, H. (2019). *Secure and Usable QR Codes [Códigos QR seguros y utilizables]*.
<http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/15022/956262-1208160.pdf?sequence=2>
- OASYS. (2022, July 5). *Sistemas embebidos y su aportación a la industria | Oasys*.
<https://oasys-sw.com/sistemas-embebidos-industria/>
- Pérez del Tío, L. (2012, November 13). *Trastorno cognitivo: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors*. <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/trastorno-cognitivo#>
- PNDU. (2014, April 15). *Sinopsis: Seguridad Ciudadana | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo*. <https://www.undp.org/es/publications/sinopsis-seguridad-ciudadana>
- Pozo, R., Ribeiro, A., M.C García, A., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO*.
- Rigola, M. (2018, September 27). *Trastornos cognitivos: qué son y cuáles son sus tipos*.
<https://psicologiamente.com/clinica/trastornos-cognitivos>
- Romero, D. M. E. (2009). *HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR*.
https://www.academia.edu/24375162/UNIVERSIDAD_ICESI_MAESTRIA_GESTION_INFORMATICA_Y_TELECOMUNICACIONES_ARQUITECTURA_DE_REDES_HISTORIA_DE_LA_TELEFONIA_CELULAR
- Ruiz, I., Mateos, V., Suárez, H., & Villaverde, P. (2015). *SINDROME CONFUSIONAL AGUDO (DELIRIUM)*.
http://www.hca.es/huca/web/contenidos/websdepartam/pqe/GUIA_SINDROME_CONFUSIONAL_AGUDO.pdf
- Ruoti, S. (2022, May 29). *Cómo funcionan los códigos QR y qué peligros suponen para tu celular - BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-61084121>
- Software. (2022). *Qué es la geolocalización y cómo funciona - Evaluando Software*.
<https://www.evaluandosoftware.com/la-geolocalizacion-funciona/>
- Souza, I. (2023). *Elementor: conoce este plugin de WordPress y cómo instalarlo*.

<https://rockcontent.com/es/blog/elementor/>

STEM LEARNING. (2018). *The physics of GPS-Trilateration [La física de la Trilateración GPS]*. 1–2. https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2018/08/Quantum_Tech_Teacher_guide_GPS_and_Trilateration.pdf

Techopedia. (2023). *¿Qué es una red celular? - definición de techopedia - En las noticias 2023*. <https://es.theastrologypage.com/cellular-network>

Transeop. (2023, March 22). *Códigos QR: Qué son, Para qué sirven y Tipos*. <https://www.transeop.com/blog/codigos-qr-que-son-para-que-sirven-tipos/901/>

Úbeda, B. (2009). *INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EMBEBIDOS (SSEE) 1.1.- Concepto y aplicaciones 1.1.1.-Concepto*. 4. <https://www.um.es/documents/4874468/19345367/ssee-t01.pdf/4ea71f56-2950-4c3f-acbe-e7699e490f4e>

VIU. (2018, March 21). *Evolución de la red de comunicación móvil, del 1G al 5G | VIU Internacional*. <https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/evolucion-de-la-red-de-comunicacion-movil-del-1g-al-5g>

Zola, A. (2021, March). *¿Qué es GPRS (Servicios generales de radio por paquetes)?* <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/GPRS>

11. Anexos

Anexo 1. Código fuente en IDE Arduino.

```
1 //----- Inclusión de librerías -----
2 #include <TinyGPS++.h> // Librería para extraer cadenas NMEA del GPS
3 #include <SoftwareSerial.h> // Librería para definir puerto serial
4 #include <AltSoftSerial.h> // Librería para emular un puerto serial adicional
5
6 // Variable para controlar si el mensaje de texto ya ha sido enviado
7 bool messageSent = false;
8
9 //----- Declaración de Módulos GSM y GPS -----
10
11 // Configuración de los pines para el módulo GSM y el módulo GPS
12 #define rxPin 3 // GSM Module RX pin to Arduino 3
13 #define txPin 2 // GSM Module TX pin to Arduino 2
14
15 // Puertos seriales para el módulo GSM y el módulo GPS
16 SoftwareSerial sim800(rxPin, txPin); // Para el módulo GSM
17 AltSoftSerial neogps; // Para el módulo GPS
18 TinyGPSPlus gps; // Creación del objeto para manejar el GPS
19
20 //----- Declaración de variables para envío al servidor -----
21
22 // Número del destinatario al que se enviará el mensaje
23 const String EMERGENCY_PHONE = "+593xxxxxxxx";
24
25 // Variables para almacenar la latitud y longitud
26 String latitude, longitude;
27
28 // Intervalo de tiempo para enviar la ubicación al servidor (en milisegundos)
29 long interval2 = 120000;
30
31 // URL del servidor donde se enviarán los datos de ubicación
32 String url = "http://www.ejemplo.com/upload.php";
33
34 //----- Declaración de variables para la función millis -----
35
36 // Lleva la cuenta del tiempo para controlar el envío de mensajes
37 unsigned long previousMillis = 0;
38
39 // Variables para rastrear el tiempo desde el último evento disparado
40 unsigned long int previoussecs = 0;
41 unsigned long int previoussecs2 = 0;
42 unsigned long int currentsecs = 0;
43 unsigned long currentMillis = 0;
44 unsigned long time1;
45
46 // Intervalo de tiempo para actualizar la ubicación (actualizado cada 1 segundo)
47 //----- Función setup -----
48
49
50
51 void setup() {
52 // Esperar 15 segundos para que el módulo GSM se encienda adecuadamente
53 delay(15000);
54
55 // Inicializando las comunicaciones seriales
56 Serial.begin(9600); // Para el Arduino
57 sim800.begin(9600); // Para el módulo GSM
58
59 // Enviar mensaje de texto al número de emergencia
60 sim800.println("AT+CMGF=1"); // Configurar el módulo en modo texto SMS
61 delay(1000);
62 sim800.print("AT+CMGS=\"");
63 sim800.print(EMERGENCY_PHONE); // Número de teléfono de emergencia
64 sim800.println("\");
65 delay(1000);
66 sim800.println("PersonTrack Encendido.\r\nPor favor, espera mientras se establecen las conexiones...");
67 delay(1000);
68 sim800.write(0x1A); // Envía el carácter CTRL+Z para finalizar el mensaje
69 delay(1000);
70
71 // Configurar el módulo GPS
72 neogps.begin(9600);
```



```

73
74 // Conectar al módulo GSM
75 gpr_connect();
76 }
77
78 //----- Función gpr_connect -----
79 // Configura el módulo GSM para que sea capaz de enviar mensajes y subir datos al servidor.
80
81 void gpr_connect() {
82     sim800.listen(); // Ponemos el módulo SIM800L en modo escucha
83
84     sim800.println("AT"); // Comprobar módulo GSM
85     updateSerial();
86
87     sim800.println("ATE1"); // Habilitar el Echo+
88     updateSerial();
89
90     sim800.println("AT+CGREG=?"); // Estado de registro de red
91     updateSerial();
92
93     sim800.println("AT+CFUN=1"); // Establecer funcionalidad del teléfono
94     updateSerial();
95
96     sim800.println("AT+CGATT=1"); // Adjuntar el servicio GPRS
97     updateSerial();
98
99     sim800.println("AT+CPIN?"); // Comprobar que la SIM está lista
100    updateSerial();
101
102    sim800.println("AT+CMGF=1"); // Configuración del módulo en modo texto SMS
103    updateSerial();
104
105    sim800.println("AT+CNMI=1,1,0,0,0"); // Configuración del módulo para lectura de SMS recibidos
106    updateSerial();
107
108    sim800.println("AT+CMGDA=\"DEL ALL\""); // Eliminar todos los mensajes leídos
109    updateSerial();
110
111    time1 = micros();
112 }
113
114 //----- Función loop -----
115 // Función principal que se ejecuta en bucle continuamente.
116
117 void loop() {
118     // Mientras tengamos datos disponibles en el módulo GSM
119     while (sim800.available()) {
120         parseData(sim800.readString()); // Analizamos los datos recibidos desde el módulo GSM
121     }
122
123     // Mientras tengamos datos disponibles en el monitor serial (para depuración)
124     while (Serial.available()) {
125         sim800.println(Serial.readString()); // Enviaremos lo que leemos del monitor serial al módulo GSM
126     }
127
128     // Ejecutamos en todo momento el envío de datos al servidor
129     send_to_server();
130 }
131
132 //----- Función send_to_server -----
133 // Realiza el envío de datos de ubicación (latitud y longitud) al servidor (HTTP).
134
135 void send_to_server() {
136     unsigned long currentMillis = millis();
137
138     // Si ha pasado el intervalo de tiempo definido para el envío de ubicación al servidor
139     if (currentMillis - previousMillis > interval2) {
140         previousMillis = currentMillis;
141
142         // Obtener la latitud y longitud actual del GPS
143         getGps();
144         latitude = String(gps.location.lat(), 6); // Latitude in degrees (double)
145         longitude = String(gps.location.lng(), 6); // Longitude in degrees (double)
146
147         // Verificar que los datos GPS sean válidos

```

```

148 ✓ if (gps.location.isValid()) {
149 ✓   if (!messageSent) {
150     // El mensaje de texto no ha sido enviado, enviamos un mensaje de texto al número de emergencia
151     sim800.println("AT+CMGF=1"); // Configurar el módulo en modo texto SMS
152     delay(1000);
153     sim800.print("AT+CMGS=\"");
154     sim800.print(EMERGENCY_PHONE); // Número de teléfono de emergencia
155     sim800.println("\"");
156     delay(1000);
157     sim800.println("Conexion exitosa.\r\nDisfruta con PersonTrack."); // Mensaje de texto a enviar
158     delay(1000);
159     sim800.write(0x1A); // Envía el carácter CTRL+Z para finalizar el mensaje
160     delay(1000);
161
162     messageSent = true; // Establecer la variable messageSent en true después de enviar el mensaje
163   }
164
165   // Configurar y enviar los comandos para establecer la conexión GPRS y realizar la solicitud HTTP
166   sim800.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"); // Establecer parámetro de portador
167   updateSerial();
168
169   sim800.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.claro.com.ec\"); // Establecer contexto de portador
170   updateSerial();
171
172   sim800.println("AT+SAPBR=1,1"); // Contexto de portador activo
173   updateSerial();
174
175   sim800.println("AT+SAPBR=2,1"); // Leer parámetro de portador
176   updateSerial();
177
178   sim800.println("AT+HTTPIPINIT"); // Se inicia el servicio HTTP
179   updateSerial();
180
181   sim800.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1"); // (Parámetro obligatorio) Identificador de perfil de portador
182   updateSerial();
183
184   sim800.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", " + url + "?lat=" + latitude + "&lng=" + longitude);
185   updateSerial();
186
187   sim800.println("AT+HTTPACTION=0"); // Realiza acciones HTTP (GET)
188   updateSerial();
189
190   sim800.println("AT+HTTPTERM"); // Finalizar sesión HTTP
191   updateSerial();
192 }
193 }
194 }
195
196 //----- Función parseData -----
197 // Analiza los datos recibidos desde el módulo GSM y procesa los mensajes SMS entrantes.
198
199 void parseData(String buff) {
200   unsigned long currentMillis = millis();
201   currentsecs = currentMillis / 1000;
202
203   // Si ha pasado el intervalo de tiempo definido para la lectura de datos
204   if ((unsigned long)(currentsecs - previoussecs2) >= interval) {
205     Serial.println(buff);
206     unsigned int len, index;
207     String cmd;
208
209     // Eliminar el "Comando AT" enviado de la cadena de respuesta.
210     index = buff.indexOf("\r");
211     buff.remove(0, index + 2);
212     buff.trim();
213
214     // Si el resultado del comando AT es distinto de "OK"
215     if (buff != "OK") {
216       index = buff.indexOf(":");
217       String cmd = buff.substring(0, index);
218       cmd.trim();
219       buff.remove(0, index + 2);
220
221       // Si el módulo GSM reporta que se recibió un SMS
222       if (cmd == "+CMTI") {
223         index = buff.indexOf(",");

```

```

224     String temp = buff.substring(index + 1, buff.length());
225     temp = "AT+CMGR=" + temp + "\r"; // Leer un mensaje SMS almacenado
226     sim800.println(temp);
227 }
228
229 // Si se recibió un mensaje SMS
230 else if (cmd == "+CMGR") {
231     // Verificar que el número del destinatario sea correcto
232     if (buff.indexOf(EMERGENCY_PHONE) > 1) {
233         buff.toLowerCase();
234         // Si el mensaje contiene la palabra "get gps"
235         if (buff.indexOf("donde esta") > 1) {
236             getGps(); // Obtener la ubicación GPS
237             String sms_data;
238             // Construir el mensaje con la ubicación y enviarlo
239             sms_data = "Ubi: http://maps.google.com/maps?q=loc:" + latitude + "," + longitude;
240             sendSms(sms_data);
241         }
242     }
243 }
244 }
245 } else {
246     // El resultado del comando AT es "OK"
247 }
248 }
249
250 //----- Función getGps -----
251 // Obtiene datos de latitud y longitud desde el módulo GPS.
252
253 void getGps() {
254     // Se analizan los datos del GPS para obtener la ubicación
255     boolean newData = false;
256     for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 2000;) {
257         while (neogps.available()) {
258             if (gps.encode(neogps.read())) {
259                 newData = true;
260                 break;
261             }
262         }
263     }
264
265     // Si se obtienen datos válidos del GPS, se almacenan en las variables latitude y longitude
266     if (newData) {
267         latitude = String(gps.location.lat(), 6);
268         longitude = String(gps.location.lng(), 6);
269         newData = false;
270     } else {
271         // Si no hay datos válidos, se vacían las variables
272         latitude = "";
273         longitude = "";
274     }
275 }
276
277 //----- Función sendSms -----
278 // Envía mensajes de texto al número de celular ingresado.
279
280 void sendSms(String text) {
281     sim800.print("AT+CMGF=1\r"); // Configuración del módulo en modo texto SMS
282     delay(1000);
283     sim800.print("AT+CMGS=\"+593xxxxxxxxx\"\r"); // Definir el número del destinatario
284     delay(1000);
285     sim800.print(text); // Envío del texto a enviar
286     delay(1000);
287     sim800.write(0x1A); // Envío del código ASCII de CTRL+Z para finalizar el mensaje
288     delay(1000);
289     Serial.println("SMS enviado satisfactoriamente.");
290 }
291
292 //----- Función SendAT -----
293 // Establece un tiempo adecuado para la correcta respuesta de los comandos AT
294 boolean SendAT(String at_command, String expected_answer, unsigned int timeout) {
295     uint8_t x = 0;
296     boolean answer = 0;
297     String response;
298     unsigned long previous;

```

```

299
300 //Limpiar el búfer de entrada
301 while (sim800.available() > 0) sim800.read(); // Mientras tengamos datos disponibles
302 sim800.println(at_command);
303 x = 0;
304 previous = millis();
305
306 //El siguiente bucle espera la respuesta con el tiempo de espera
307 do { //si hay datos en el búfer de entrada de UART, los lee y comprueba la respuesta
308     if (sim800.available() != 0) {
309         response += sim800.read();
310         x++;
311
312         // verifica si la respuesta deseada (OK) está en la respuesta del módulo
313         if (response.indexOf(expected_answer) > 0) {
314             answer = 1;
315             break;
316         }
317     }
318 } while ((answer == 0) && ((millis() - previous) < timeout));
319 Serial.println(response);
320 return answer;
321 }
322 }
323
324 //----- Función updateSerial -----
325 // Actualiza las comunicaciones seriales
326 //FUNCIONALIDAD: Establece un tiempo adecuado para la correcta respuesta de los comandos AT
327 void updateSerial() {
328     delay(3000);
329     while (Serial.available()) { //Mientras existan datos disponibles en el puerto serie
330         sim800.write(Serial.read()); //Reenviar lo recibido en serie al puerto serie del software
331     }
332     while (sim800.available()) { // Mientras existan datos disponibles en el modulo GSM
333         Serial.write(sim800.read()); // Reenviar el software recibido en serie al puerto serie
334     }
335 }
336

```

Anexo 2. Código Fuente para la Extracción de Datos GPS con Protocolo NMEA y Significado de Variables \$GPRMC.

```

1 // Incluimos la librería SoftwareSerial para la comunicación serial en pines digitales.
2 #include <SoftwareSerial.h>
3
4 // Creamos un objeto 'gps' para recibir y enviar datos con el módulo GPS en pines 9 (RX) y 8 (TX).
5 SoftwareSerial gps(9, 8);
6
7 // Variable 'dato' para almacenar los datos recibidos del módulo GPS.
8 char dato = ' ';
9
10 // Configuración inicial del Arduino.
11 void setup() {
12     // Iniciamos la comunicación serial con el monitor serial (puerto USB) a 9600 baudios.
13     Serial.begin(9600);
14     // Iniciamos la comunicación serial con el módulo GPS a 9600 baudios.
15     gps.begin(9600);
16 }
17
18 // Función principal que se ejecuta en bucle continuamente.
19 void loop() {
20     // Verificamos si hay datos disponibles en el módulo GPS.
21     if (gps.available()) {
22         // Leemos el dato disponible del módulo GPS y lo almacenamos en 'dato'.
23         dato = gps.read();
24
25         // Imprimimos el dato recibido del GPS en el monitor serial (puerto USB).
26         Serial.print(dato);
27     }
28 }

```

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE UNA TRAMA OBTENIDA UTILIZANDO EL PROTOCOLO NMEA

```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM5')
$GPGLL,0358.76658,S,07913.17043,W,171835.00,A,A*66
$GPRMC,171836.00,A,0358.76630,S,07913.17001,W,1.489,,210423,,,A*76
$GPVTG,T,M,1.489,N,2.757,K,A*20
$GPGGA,171836.00,0358.76630,S,07913.17001,W,1,04,4.04,2146.8,M,8.9,M,,*54
$GPGSA,A,3,17,01,14,03,,,,,,,,,6.21,4.04,4.71*04
$GPGSV,2,1,07,01,08,027,34,03,26,078,17,14,31,005,29,17,22,337,25*77
$GPGSV,2,2,07,19,22,306,07,27,,,,,07,29,,,12*4E
$GPGLL,0358.76630,S,07913.17001,W,171836.00,A,A*6D
$GPRMC,171837.00,A,0358.76643,S,07913.16973,W,1.788,,210423,,,A*7C

```

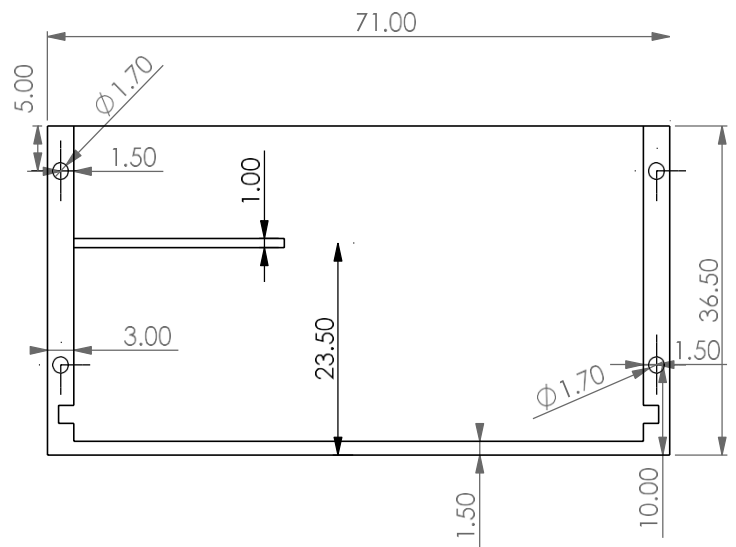
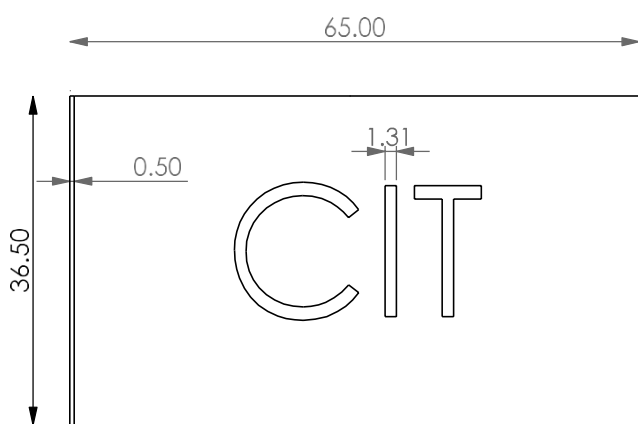
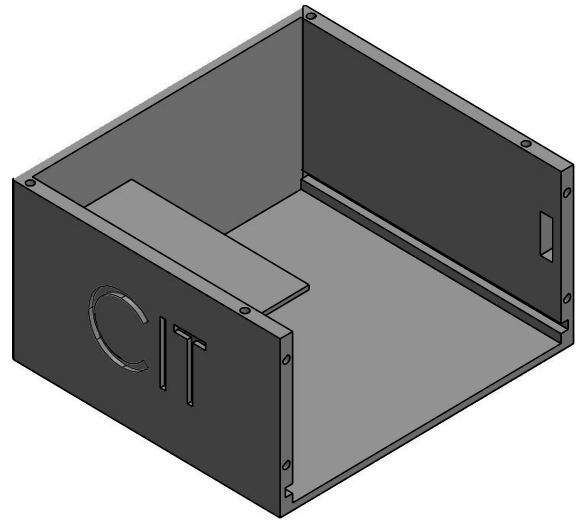
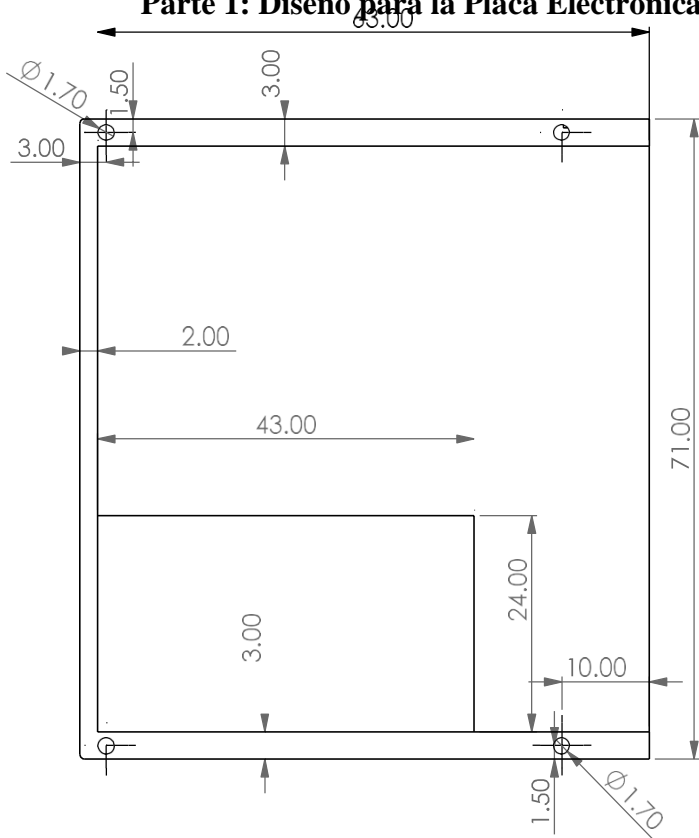
- **171836,00** representa la hora GMT (17:18:36)
- **"A"** indica que el dato de posición esta fijado y correcto
- **0358,76630** representa la latitud (3^o 58.76630')
- **"S"** representa el Sur
- **07913.17001** representa la longitud (79^o 13.17001')
- **"W"** representa el Oeste
- **1.489** representa la velocidad en nudos
- **21042023** representa la fecha (21 de abril del 2023)

Anexo 3. Código Fuente para Configurar y Validar el Correcto Funcionamiento del Módulo SIM800L V2 Mediante Comandos AT.

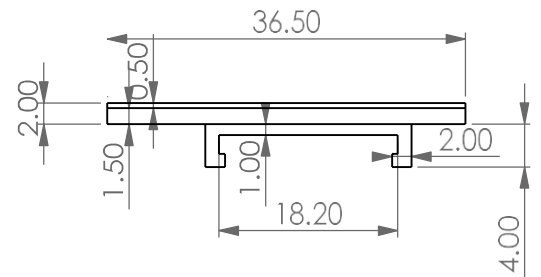
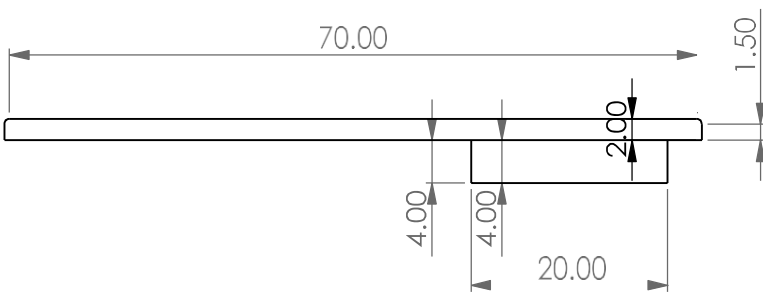
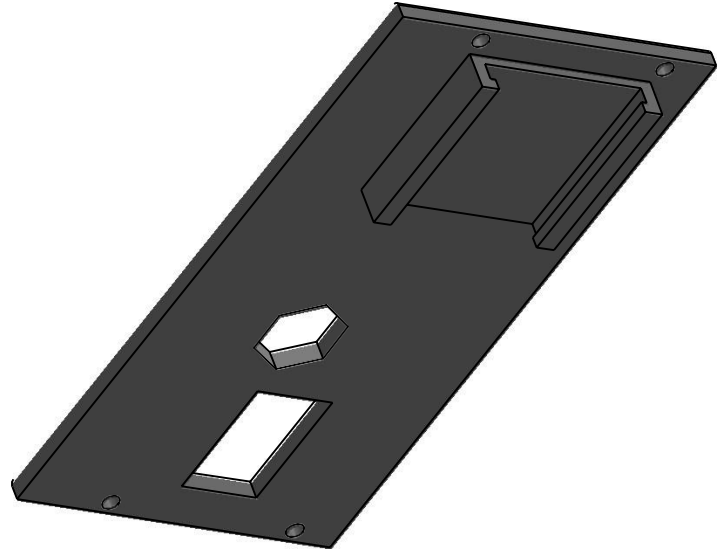
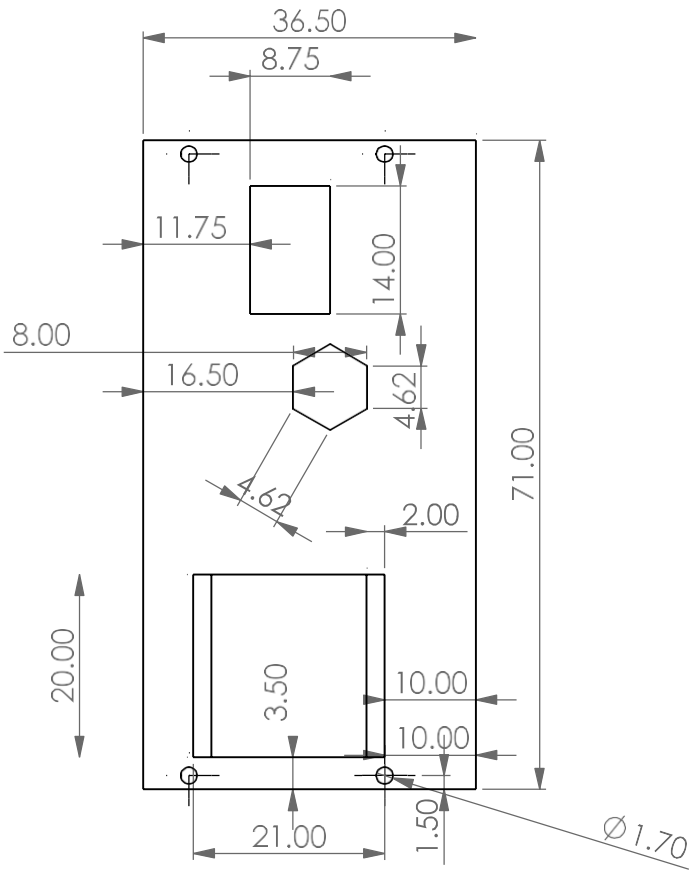
```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2  // Crea un objeto de comunicación serie para comunicarse con el módulo SIM800L
3  SoftwareSerial mySerial(3, 2); // SIM800L Tx y Rx están conectados a los pines 3 y 2 de Arduino
4
5  void setup()
6  {
7      // Inicia la comunicación serie con Arduino y el Monitor Serie de Arduino IDE
8      Serial.begin(9600);
9      // Inicia la comunicación serie con Arduino y el módulo SIM800L
10     mySerial.begin(9600);
11     Serial.println("Inicializando...");
12     delay(1000);
13
14     // Envía el comando AT para verificar la comunicación con el módulo SIM800L
15     mySerial.println("AT");
16     updateSerial();
17     // Realiza una prueba de calidad de señal utilizando el comando AT+CSQ
18     mySerial.println("AT+CSQ");
19     updateSerial();
20     // Verifica si el módulo SIM800L se ha registrado en la red utilizando el comando AT+CREG?
21     mySerial.println("AT+CREG?");
22     updateSerial();
23     // Configura el módulo SIM800L en modo de mensaje de texto utilizando el comando AT+CMGF=1
24     mySerial.println("AT+CMGF=1");
25     updateSerial();
26     // Lee la información de la tarjeta SIM utilizando el comando AT+CCID
27     mySerial.println("AT+CCID");
28     updateSerial();
29     // Verifica si se ha ingresado un PIN en la tarjeta SIM utilizando el comando AT+CPIN?
30     mySerial.println("AT+CPIN?");
31     updateSerial();
32
33     // PRUEBA DE ENVÍO DE MENSAJE DE TEXTO
34     // Envía el comando AT+CMGS con el número de teléfono destino
35     mySerial.println("AT+CMGS=\"XXXXXXXXXX\"");
36     updateSerial();
37     // Envía el cuerpo del mensaje de texto
38     mySerial.println("Prueba del SIM800L");
39     // Envía el carácter de finalización del mensaje (Ctrl+Z, valor ASCII 26)
40     mySerial.write(26);
41     updateSerial();
42 }
43
44 void loop()
45 {
46     updateSerial();
47 }
48
49 // Función para actualizar la comunicación serie entre Arduino y el módulo SIM800L
50 void updateSerial()
51 {
52     delay(1000);
53     // Reenvía lo que Arduino recibe por la comunicación serie al puerto serie del módulo SIM800L
54     while (Serial.available())
55     {
56         mySerial.write(Serial.read());
57     }
58     // Reenvía lo que el módulo SIM800L recibe por la comunicación serie a Arduino
59     while (mySerial.available())
60     {
61         Serial.write(mySerial.read());
62     }
63 }
```

Anexo 4. Planos del Diseño 3D del Case del Prototipo.

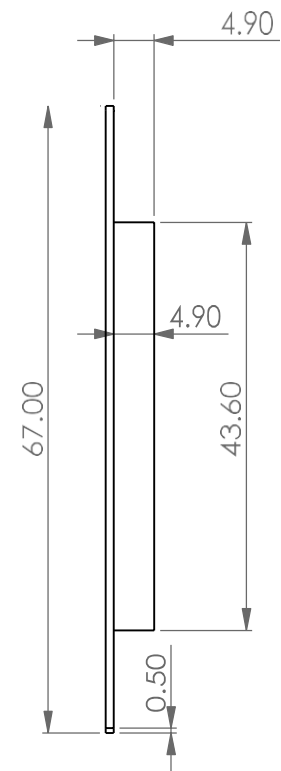
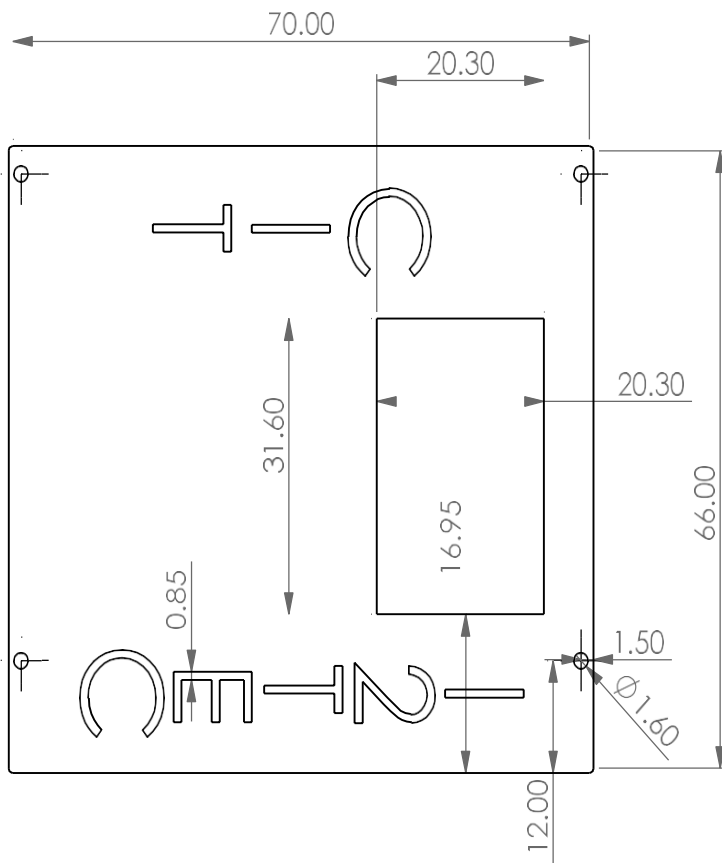
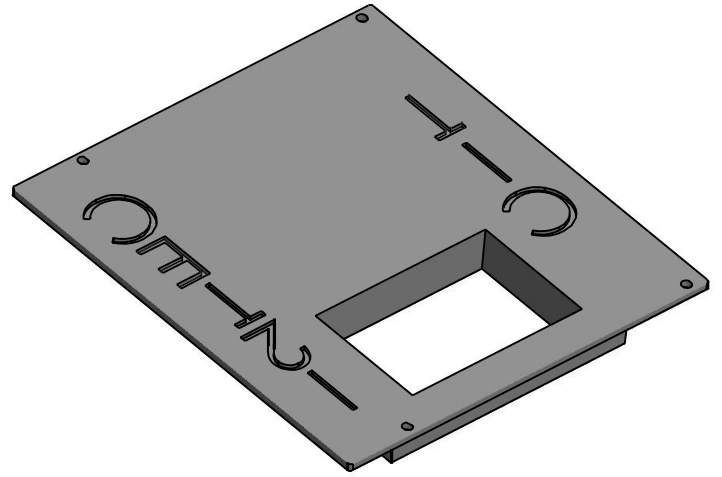
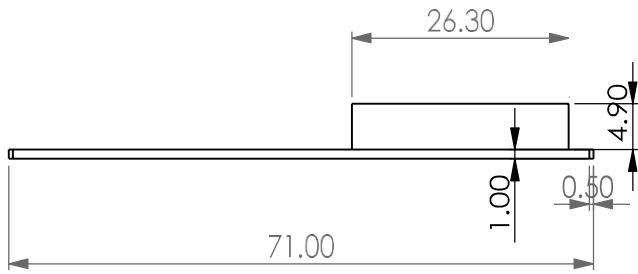
Parte 1: Diseño para la Placa Electrónica y el Separador de la Batería.



Parte 2: Diseño de la Tapa Lateral con Orificios para la Antena y el Switch.



Parte 3: Diseño de la Tapa Superior con Orificio para la Pantalla Indicadora de Batería.



Anexo 5. Prueba de la Interacción del Prototipo con Diferentes Participantes.

Individuo 1: seis años de edad



Individuo 2: trece años de edad



Individuo 3: diecisiete años de edad



Individuo 4: veintidós años de edad

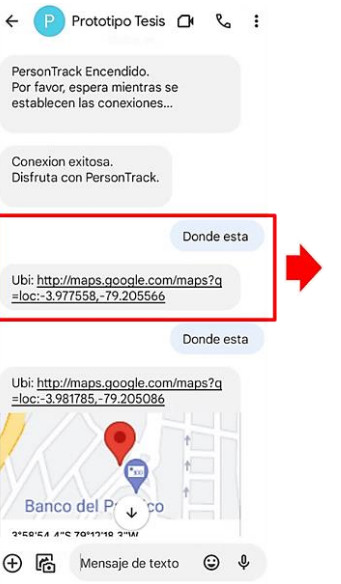

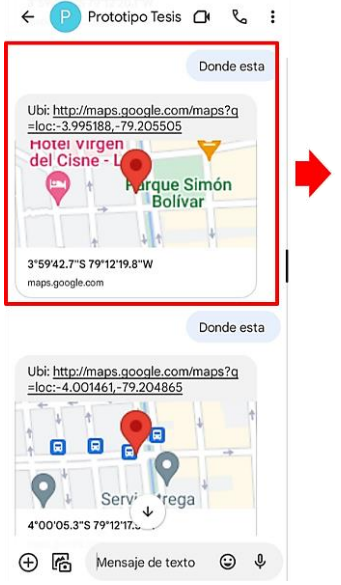



Anexo 6. Prueba de Localización de Usuario Mediante Envío de SMS.

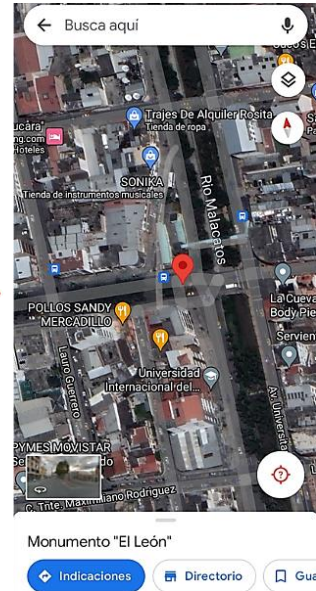
La Tabla 1A presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la funcionalidad del envío de mensajes.

Tabla 6A

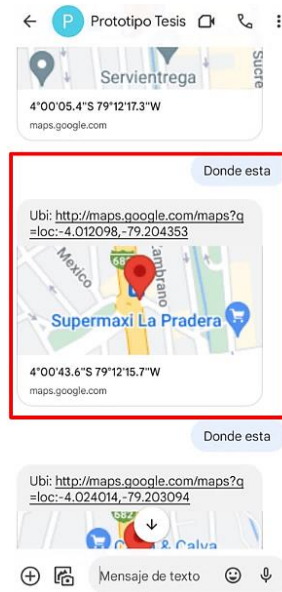
Resultados de las pruebas de localización de usuario por mensaje de texto

N°	Ubicación	Mensaje enviado	Ubicación en Google Maps
Prueba 1	Terminal Terrestre Reina del Cisne		
Prueba 2	Parque Simón Bolívar		

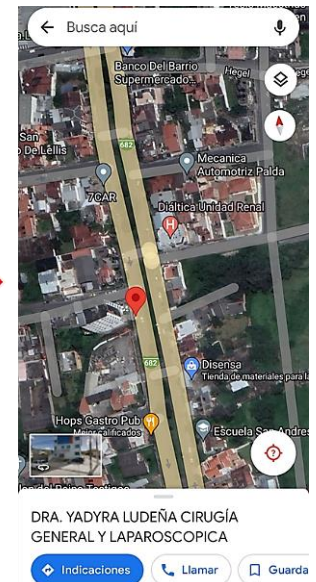
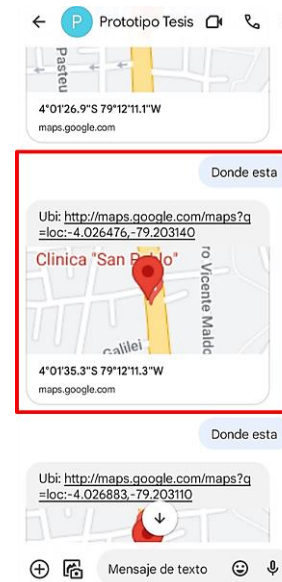
Prueba 3 Monumento "El León"



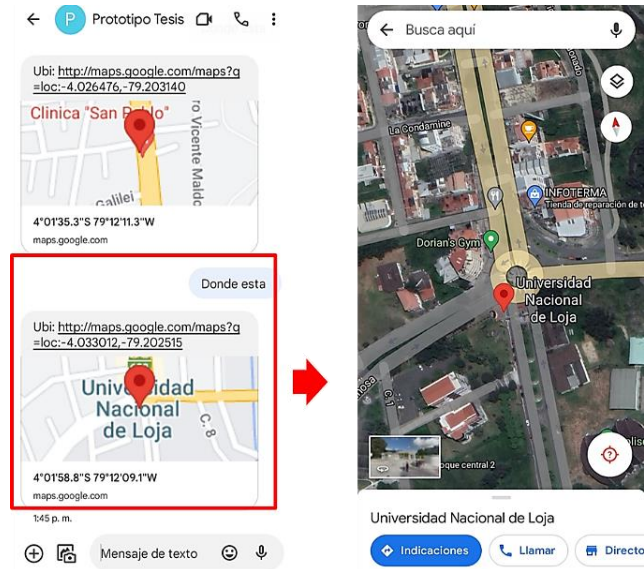
Prueba 4 Redondel de la Tebaida



Prueba 5 Clínica "San Pablo"



Prueba 6 Universidad Nacional de Loja



Anexo 7. Pruebas de Funcionamiento de Geocercas.

La Tabla 7A presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la funcionalidad de establecimiento de geocercas.

Tabla 7A

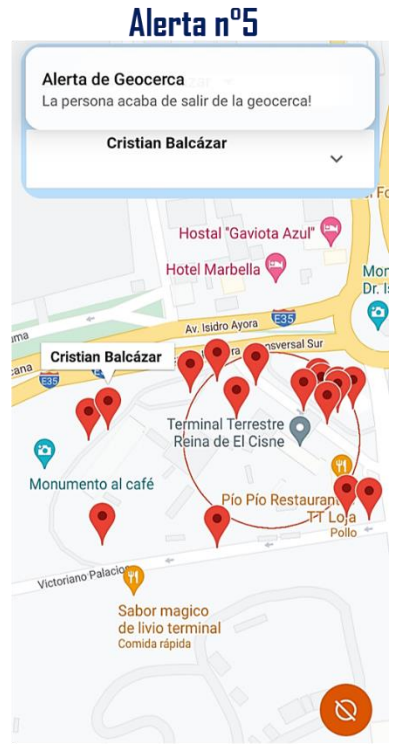
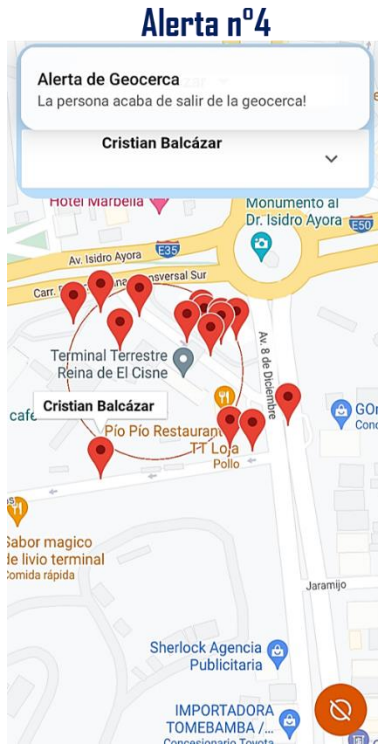
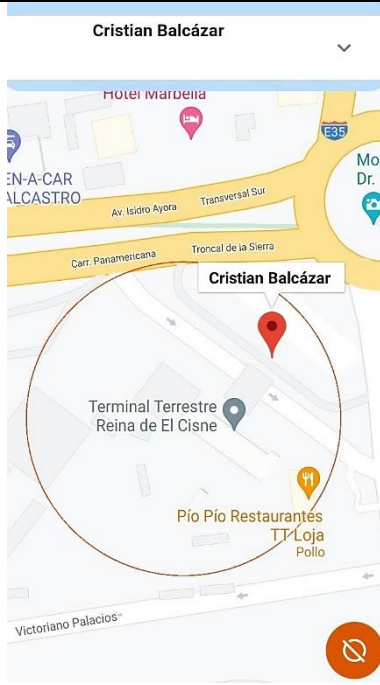
Resultados de las pruebas de establecimiento de geocercas

Escenario: Zona Urbana

Geocerca Establecida

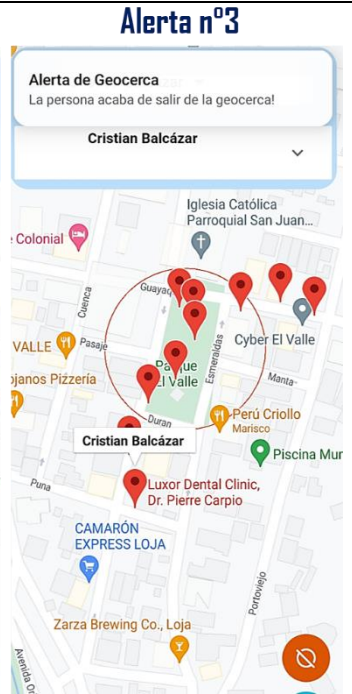
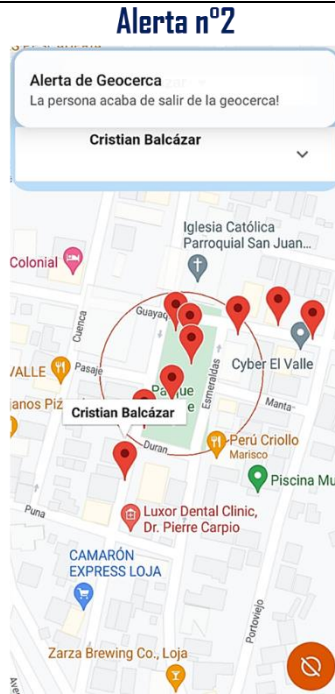
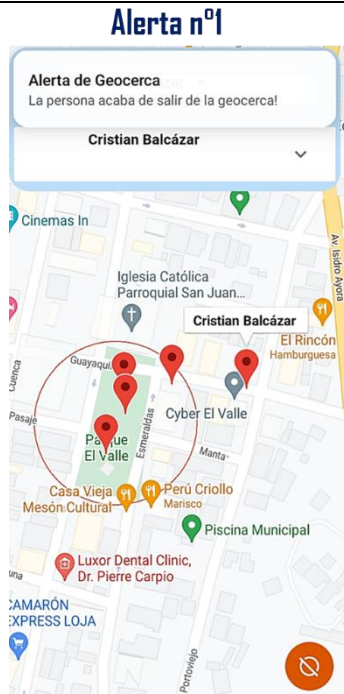
Notificaciones de Alerta: Terminal Terrestre Reina del Cisne



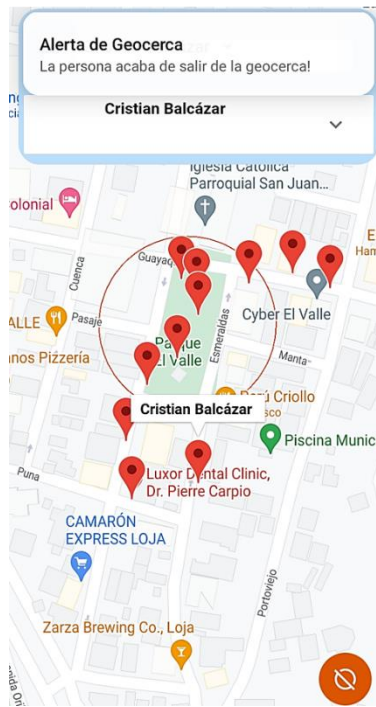


Geocerca Establecida

Notificaciones de Alerta: El Valle



Alerta n°4



Alerta n°5



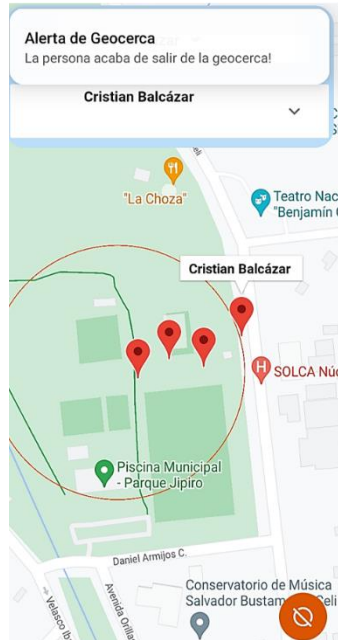
Escenario: Parque

Geocerca Establecida

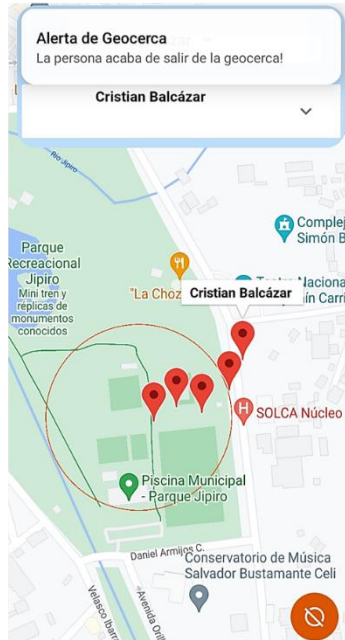
Notificaciones de Alerta: Parque Recreacional Jipiro



Alerta n°1



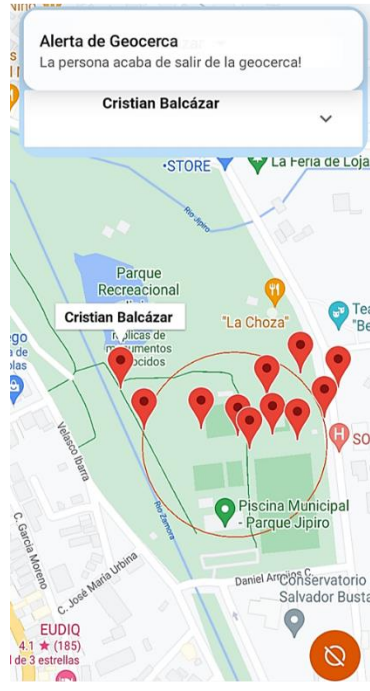
Alerta n°2



Alerta n°3



Alerta nº4



Alerta nº5



Geocerca Establecida

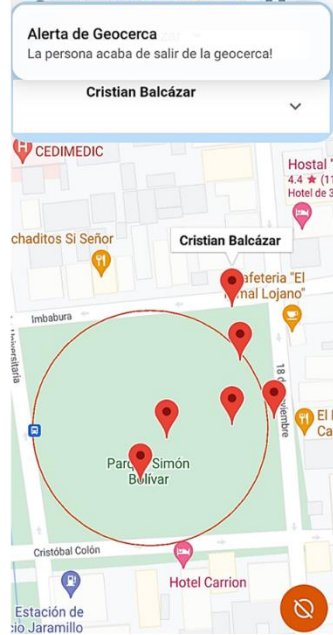
Notificaciones de Alerta: Parque Simón Bolívar



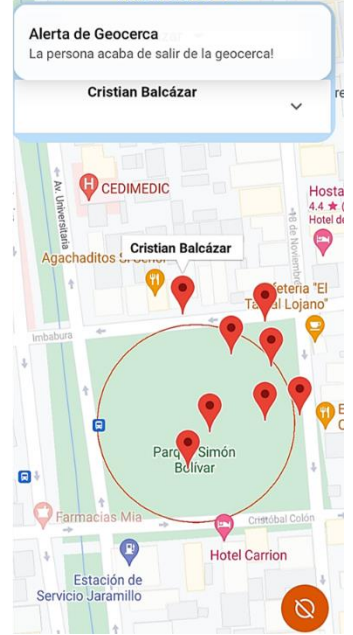
Alerta nº1

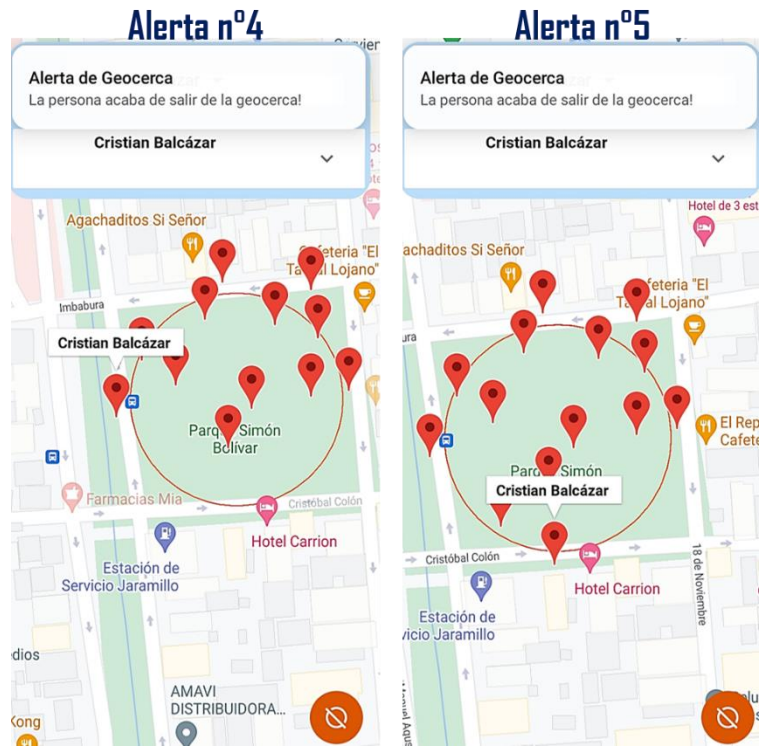


Alerta nº2



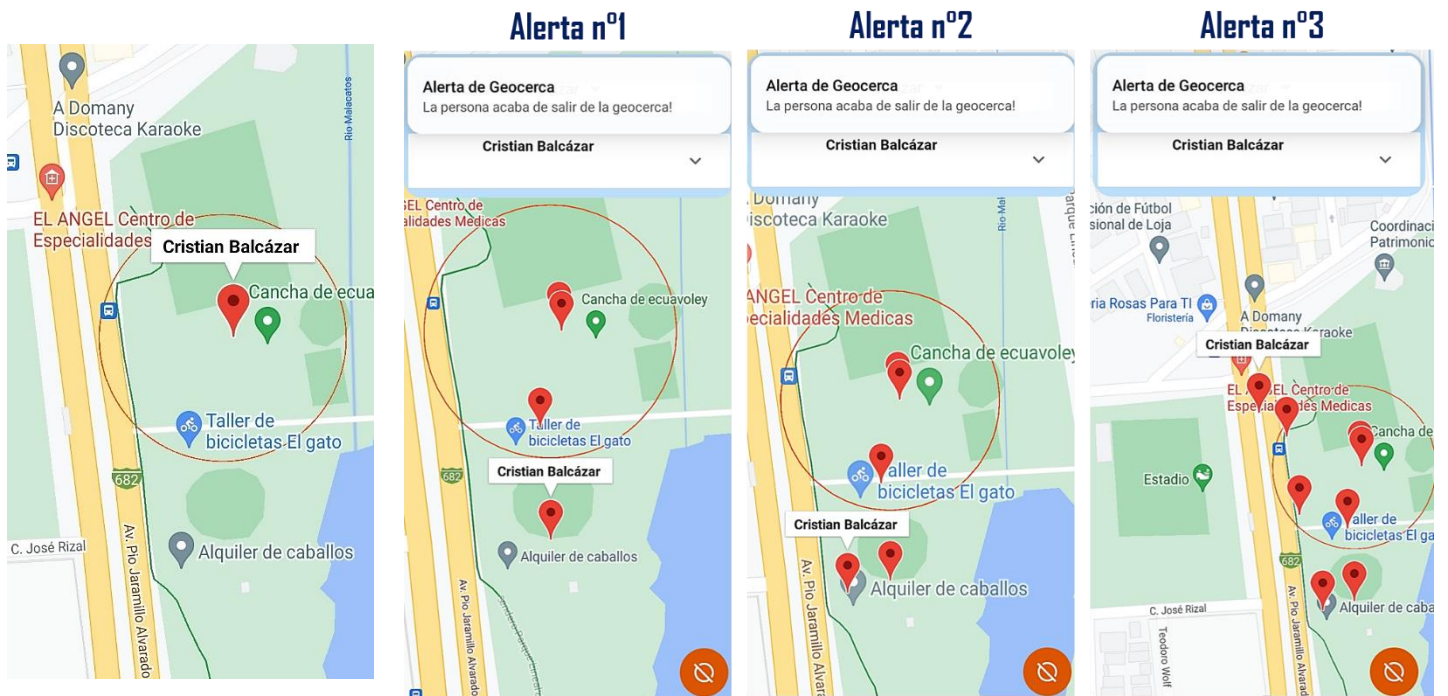
Alerta nº3



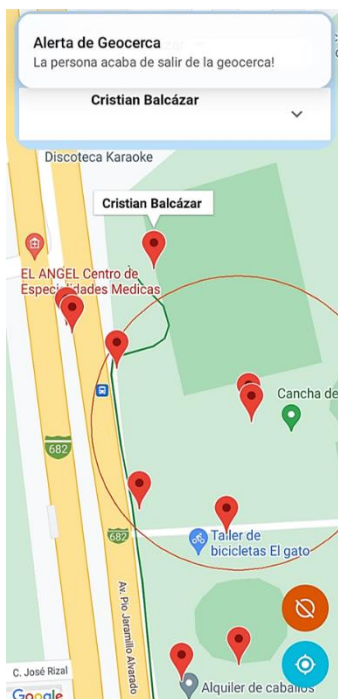


Geocerca Establecida

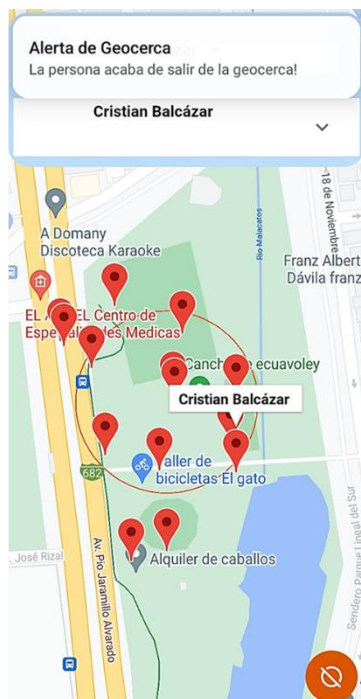
Notificaciones de Alerta: Parque Lineal de la Tebaida



Alerta n°4



Alerta n°5



Escenario: Centros Educativos

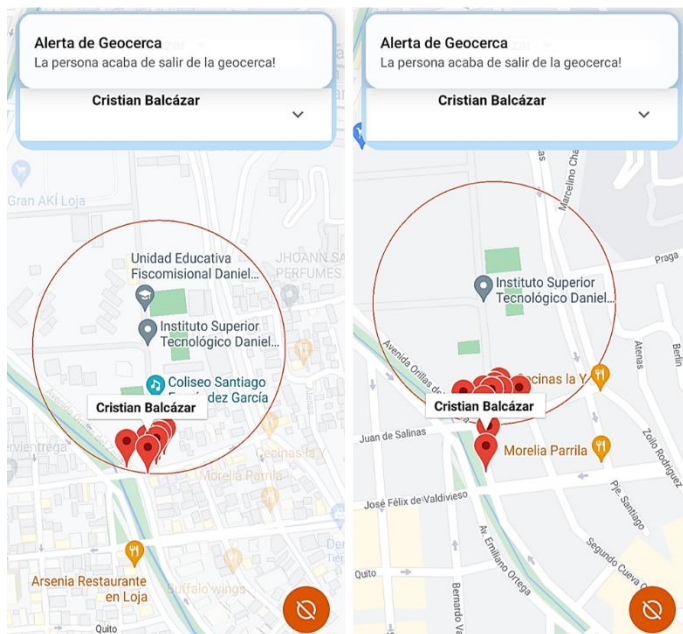
Geocerca Establecida

Notificaciones de Alerta: Unidad Educativa Fiscomisional “Daniel Álvarez Burneo”

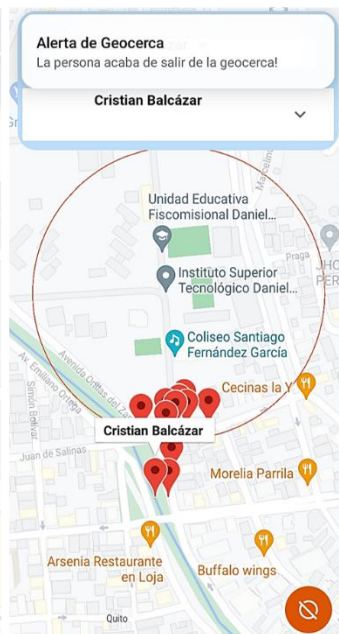
Alerta n°1



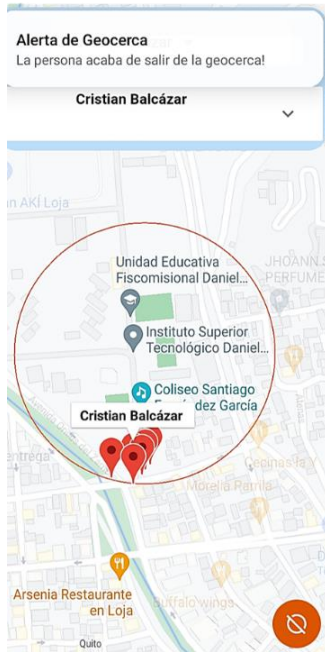
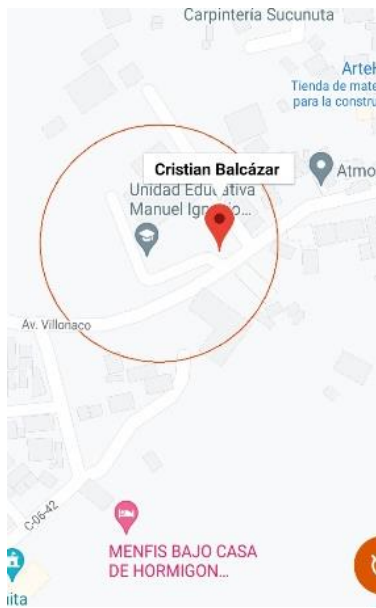
Alerta n°2



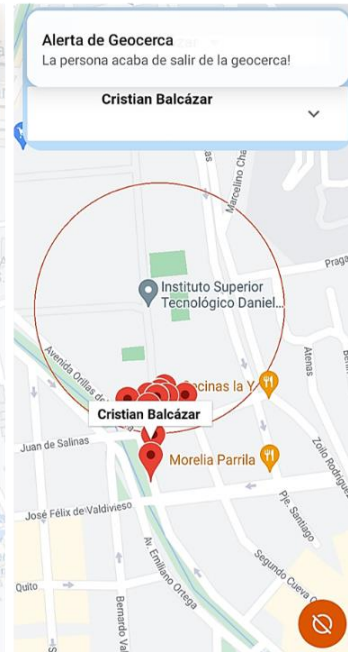
Alerta n°3



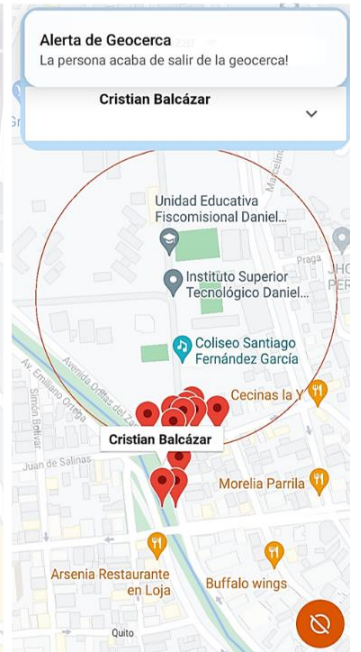
Alerta n°1



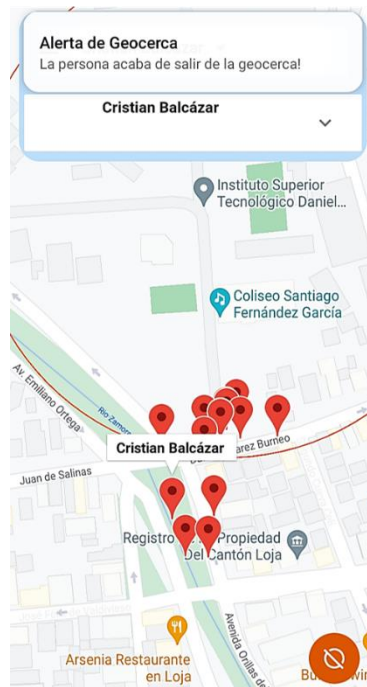
Alerta n°2



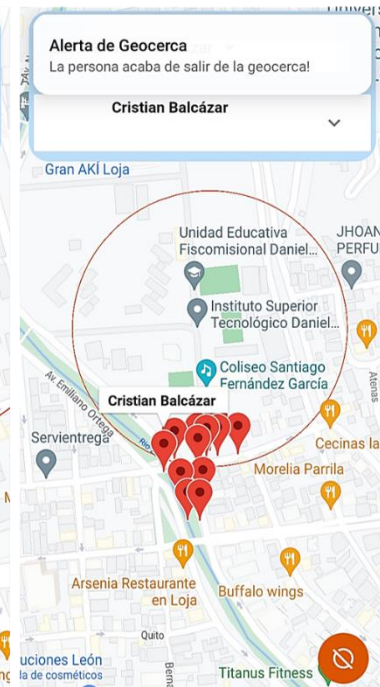
Alerta n°3



Alerta n°4



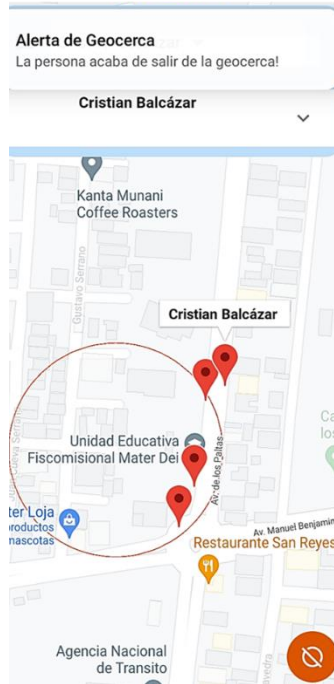
Alerta n°5



Alerta n°1

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

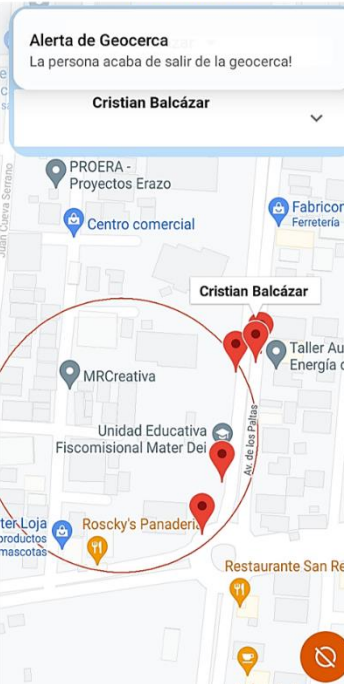
Cristian Balcázar



Alerta n°2

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

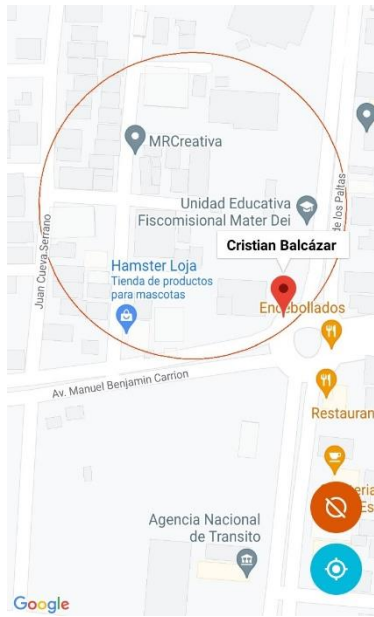
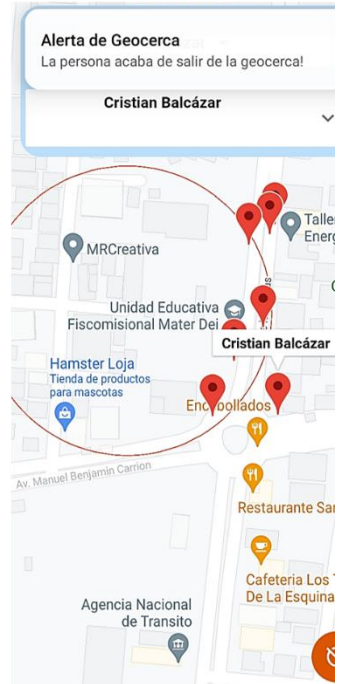
Cristian Balcázar



Alerta n°3

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

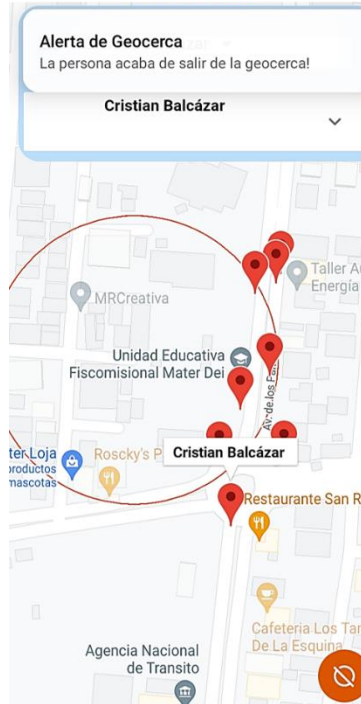
Cristian Balcázar



Alerta n°4

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

Cristian Balcázar



Alerta n°5

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

Cristian Balcázar

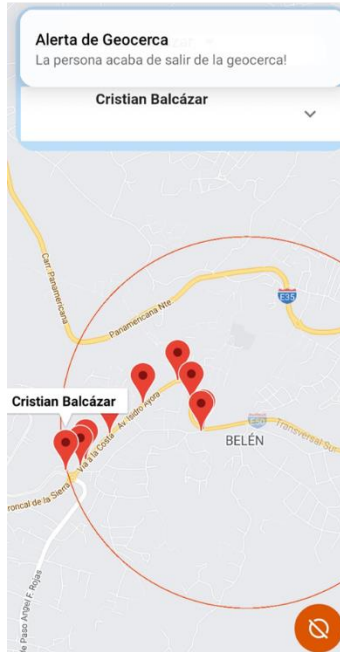


Escenario: Salidas Urbanas

Geocerca Establecida

Notificaciones de Alerta: Salida a Catamayo

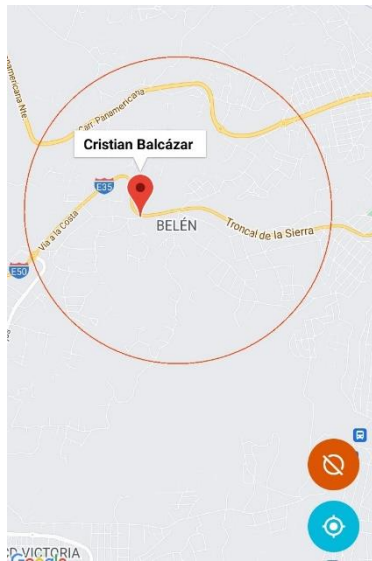
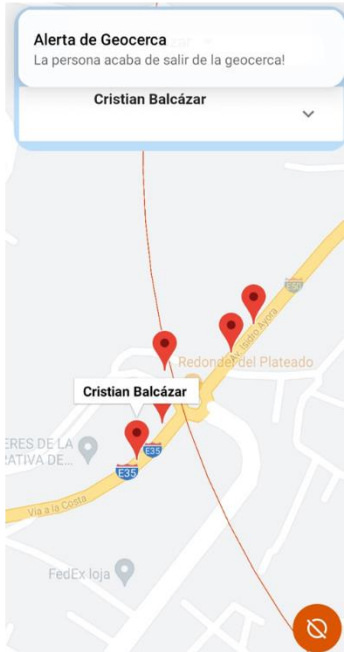
Alerta n°1



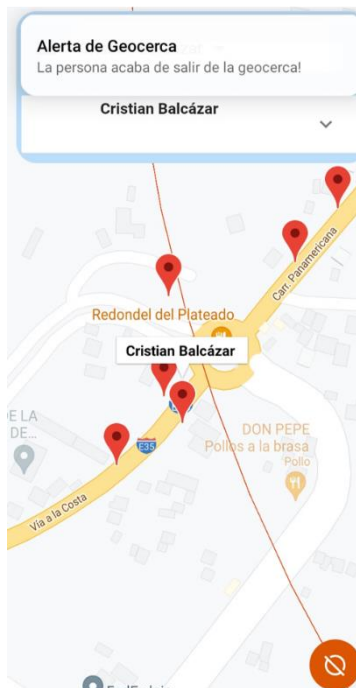
Alerta n°2



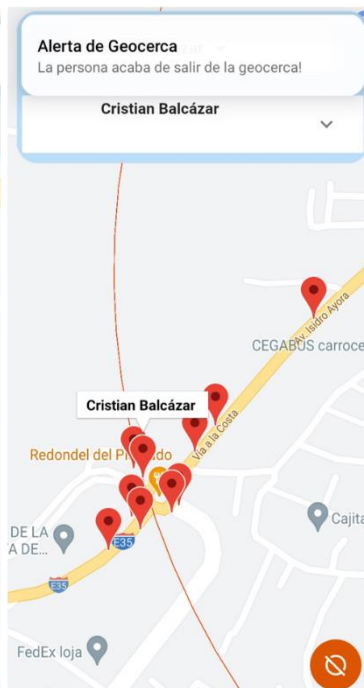
Alerta n°3



Alerta n°4



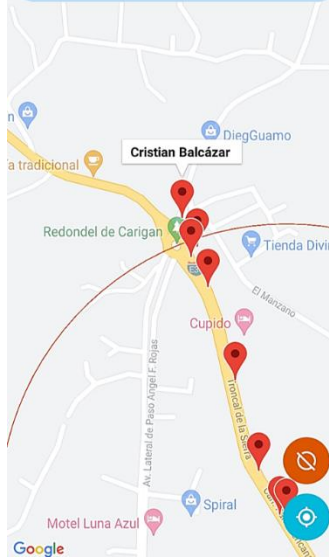
Alerta n°5



Alerta nº1

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

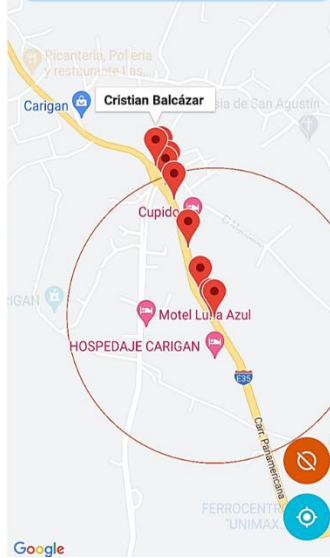
Cristian Balcázar



Alerta nº2

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

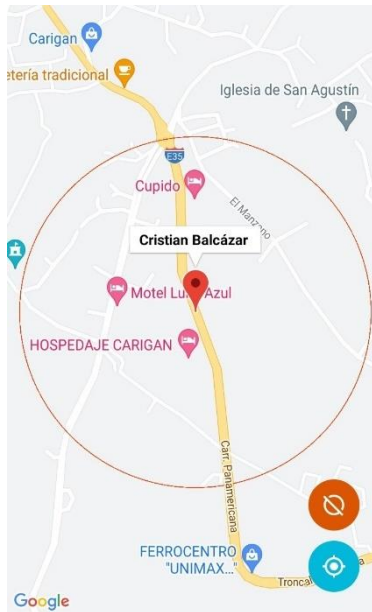
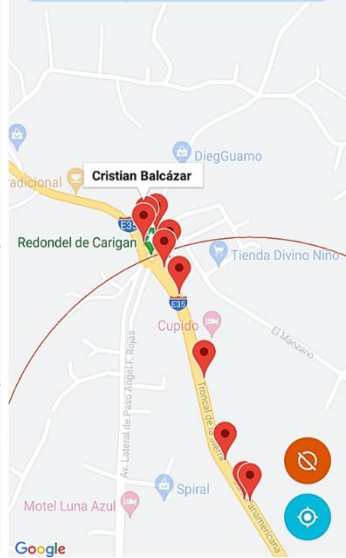
Cristian Balcázar



Alerta nº3

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

Cristian Balcázar



Alerta nº4

Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

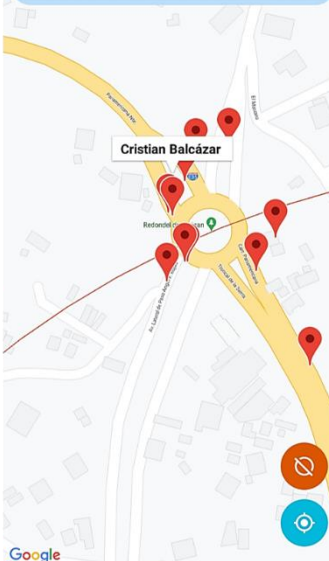
Cristian Balcázar

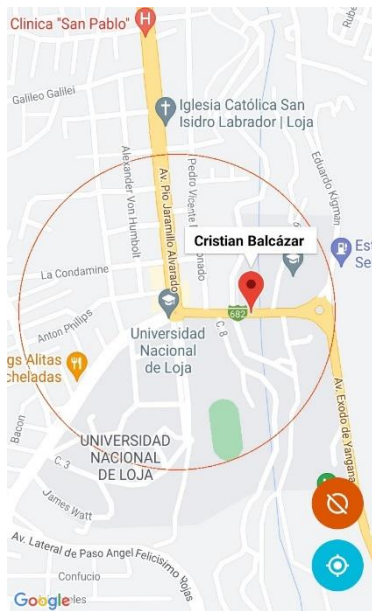


Alerta nº5

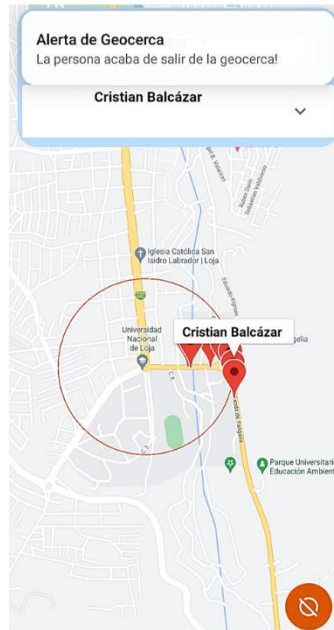
Alerta de Geocerca
La persona acaba de salir de la geocerca!

Cristian Balcázar





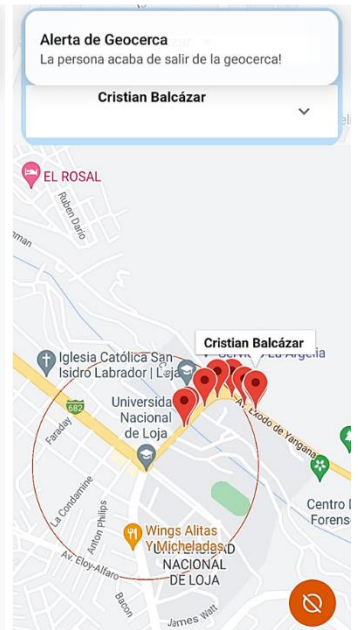
Alerta n°1



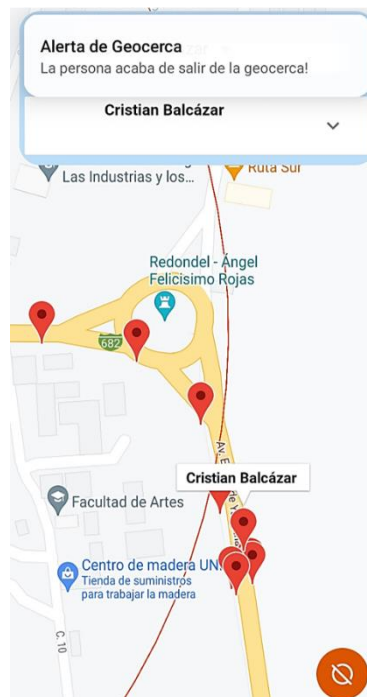
Alerta n°2



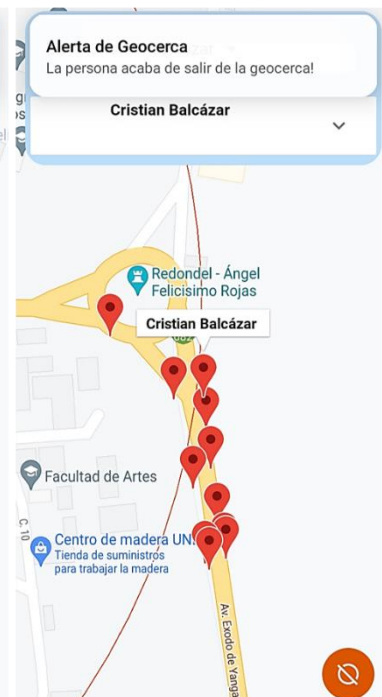
Alerta n°3



Alerta n°4



Alerta n°5



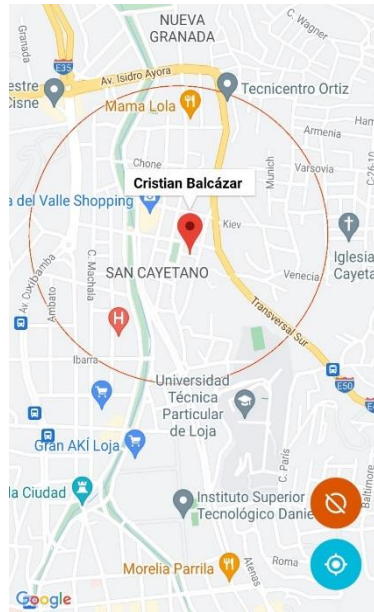
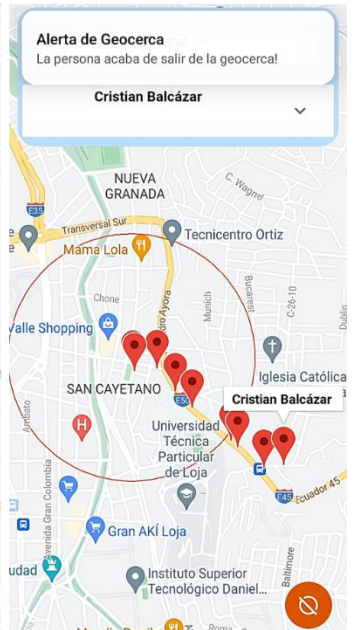
Alerta n°1



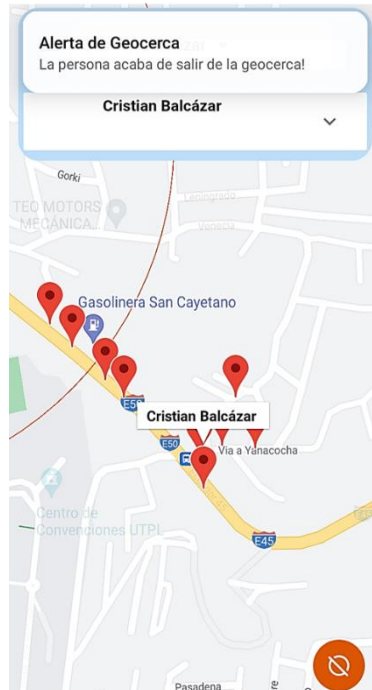
Alerta n°2



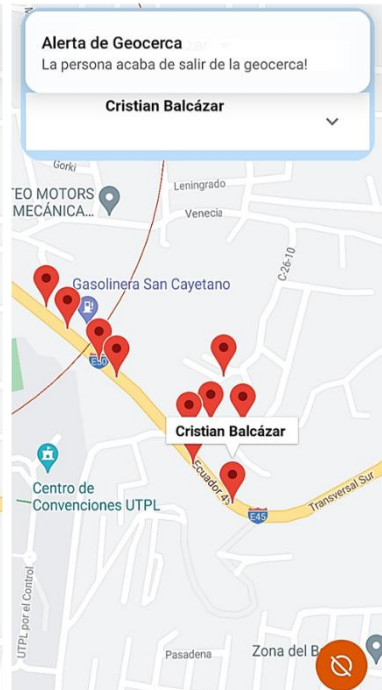
Alerta n°3



Alerta n°4



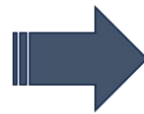
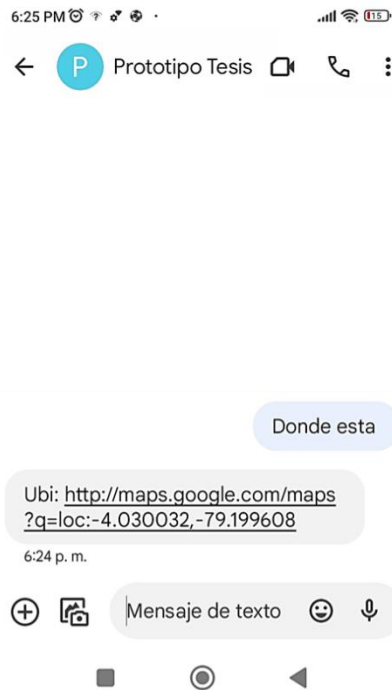
Alerta n°5



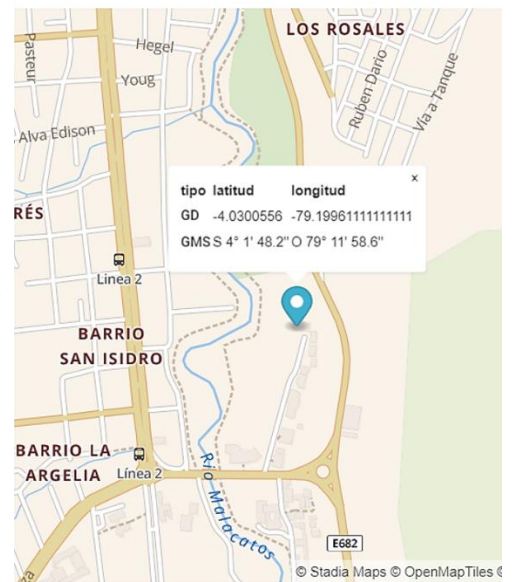
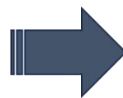
Anexo 8. Resultados del Análisis Comparativo de Coordenadas entre el Prototipo "PersonTrack" y el GPSMAP 60CSx.

Ubicación: Edificio de laboratorios de FEIRNNR

Prototipo "PersonTrack"

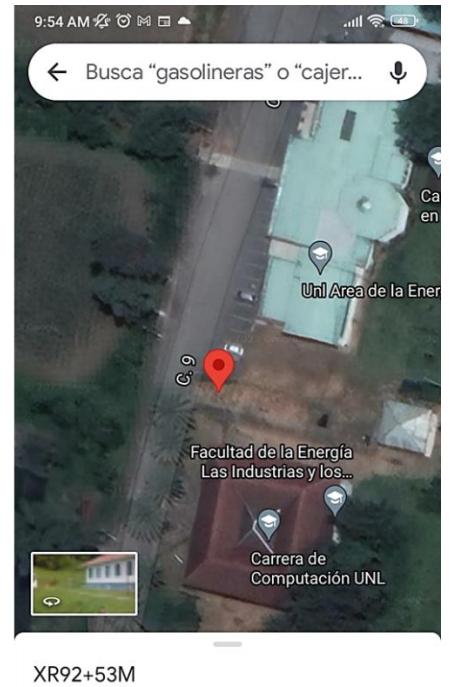
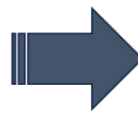


GPSMAP 60CSx

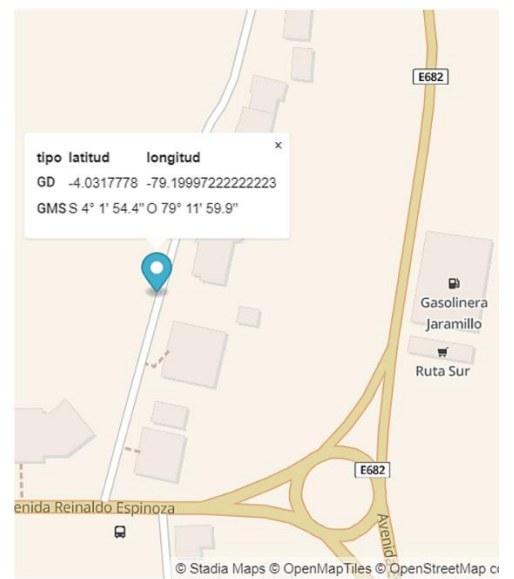
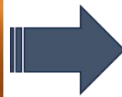


Ubicación: Salida de la facultad de la Energía (Mesa Solar)

Prototipo "PersonTrack"

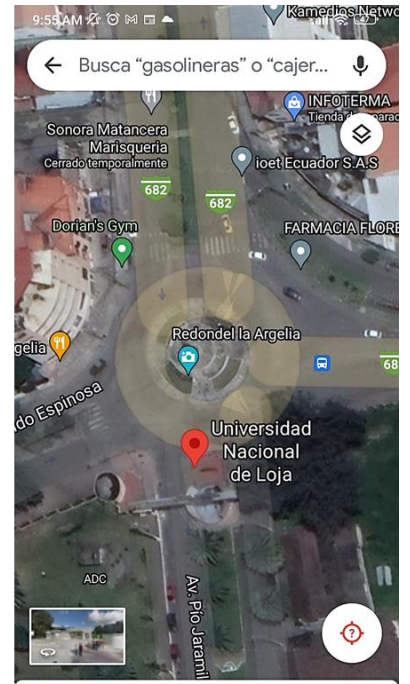
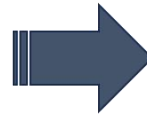
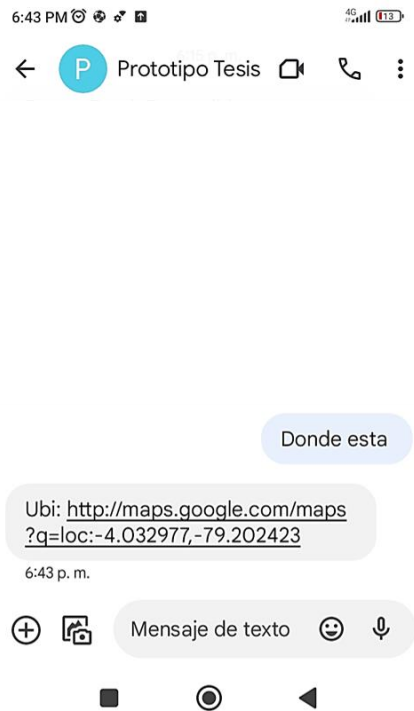


GPSMAP 60CSx



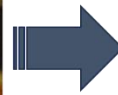
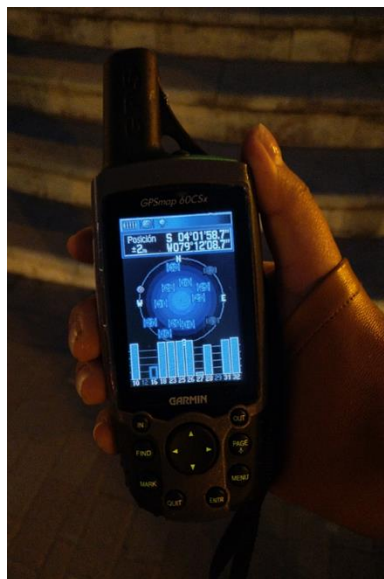
Ubicación: Redondel de la Universidad Nacional de Loja (UNL)

Prototipo "PersonTrack"



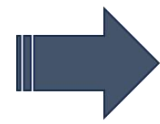
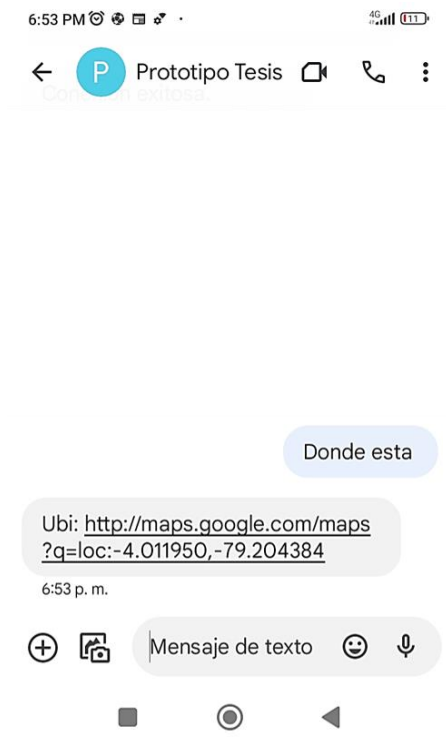
Universidad Nacional de Loja

GPSMAP 60CSx



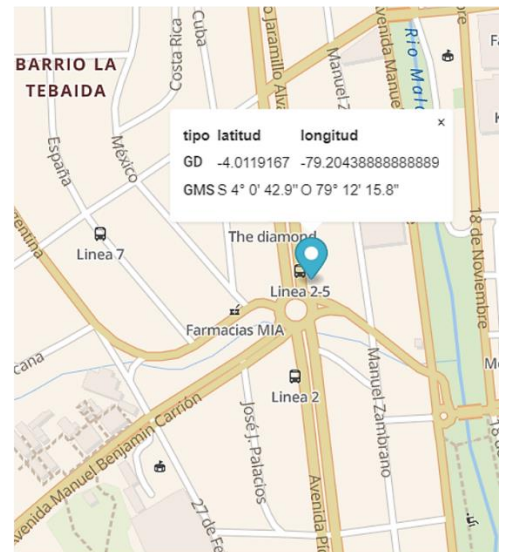
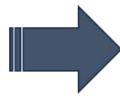
Ubicación: Redonde la de la Tebaida

Prototipo "PersonTrack"



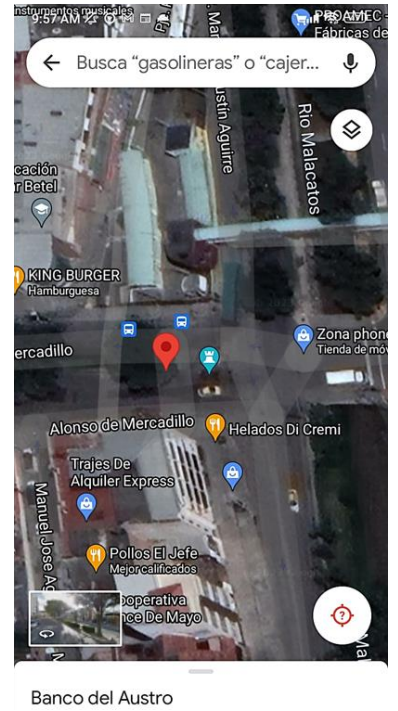
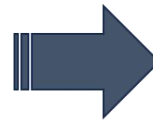
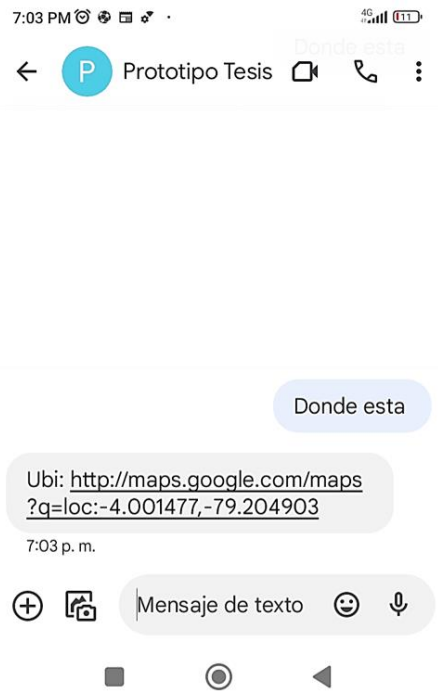
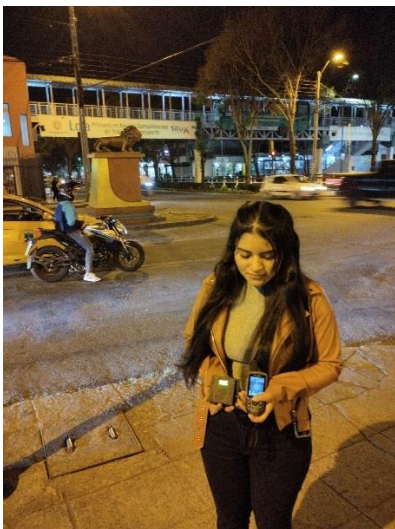
ATM COAC Padre Julián Lorente (Tebaida)

GPSMAP 60CSx

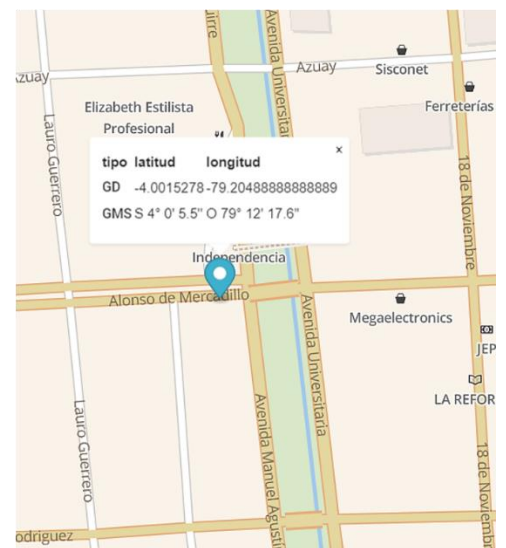
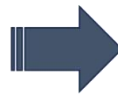
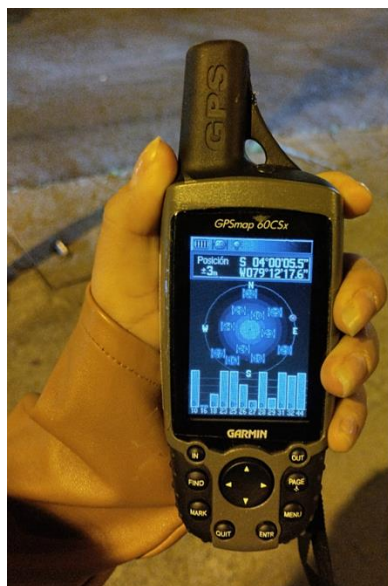


Ubicación: Monumento del León

Prototipo "PersonTrack"



GPSMAP 60CSx



Anexo 9. Paquetes Almacenados Durante la Transmisión de Datos Desde el Prototipo Hacia la Base de Datos.

17/7/23, 00:36

databases-auth.000webhost.com / localhost / id20273875_base_de_datos_cristian / tbl_gps | phpMyAdmin 5.2.1

Mostrando filas 50 - 74 (total de 158, La consulta tardó 0.0009 segundos.)

```
SELECT * FROM `tbl_gps`
```

id	lat	lng	created_date
104	-4.032944	-79.204201	2023-07-16 19:45:17
105	-4.033165	-79.204208	2023-07-16 19:47:18
106	-4.032950	-79.204094	2023-07-16 19:49:18
107	-4.032901	-79.204216	2023-07-16 19:51:18
108	-4.032852	-79.204292	2023-07-16 19:53:18
109	-4.032940	-79.204239	2023-07-16 19:55:18
110	-4.033113	-79.204178	2023-07-16 19:57:18
111	-4.032875	-79.204185	2023-07-16 19:59:18
112	-4.032930	-79.204224	2023-07-16 20:01:18
113	-4.033003	-79.204071	2023-07-16 20:03:18
114	-4.032807	-79.204308	2023-07-16 20:05:18
115	-4.032886	-79.204262	2023-07-16 20:07:19
116	-4.033092	-79.204102	2023-07-16 20:09:19
117	-4.033063	-79.203979	2023-07-16 20:11:19
118	-4.033031	-79.203941	2023-07-16 20:13:19
119	-4.033066	-79.204079	2023-07-16 20:15:19
120	-4.033088	-79.203987	2023-07-16 20:17:19
121	-4.033124	-79.203941	2023-07-16 20:19:19
122	-4.033058	-79.204025	2023-07-16 20:21:19
123	-4.033097	-79.204002	2023-07-16 20:23:19
124	-4.033010	-79.204086	2023-07-16 20:25:19
125	-4.033074	-79.203896	2023-07-16 20:27:19
126	-4.033042	-79.204063	2023-07-16 20:29:20
127	-4.033034	-79.204033	2023-07-16 20:31:20
128	-4.032965	-79.204201	2023-07-16 20:33:20

id	lat	lng	created_date
129	-4.032996	-79.204163	2023-07-16 20:35:20
130	-4.033018	-79.204155	2023-07-16 20:37:20
131	-4.033011	-79.204147	2023-07-16 20:39:20
132	-4.032990	-79.204185	2023-07-16 20:41:20
133	-4.032999	-79.204178	2023-07-16 20:43:20
134	-4.032957	-79.204185	2023-07-16 20:45:20
135	-4.033084	-79.204071	2023-07-16 20:47:20
136	-4.033092	-79.204124	2023-07-16 20:49:21
137	-4.033120	-79.204048	2023-07-16 20:51:21
138	-4.033072	-79.204071	2023-07-16 20:53:21
139	-4.032986	-79.204231	2023-07-16 20:55:21
140	-4.032914	-79.204247	2023-07-16 20:57:21
141	-4.033041	-79.204071	2023-07-16 20:59:21
142	-4.032926	-79.204216	2023-07-16 21:01:21
143	-4.033120	-79.204033	2023-07-16 21:03:21
144	-4.033046	-79.204140	2023-07-16 21:05:21
145	-4.033058	-79.204193	2023-07-16 21:07:21
146	-4.032971	-79.204193	2023-07-16 21:09:22
147	-4.032945	-79.204124	2023-07-16 21:11:22
148	-4.033084	-79.204002	2023-07-16 21:13:22
149	-4.032958	-79.204193	2023-07-16 21:15:22
150	-4.033062	-79.204124	2023-07-16 21:17:22
151	-4.032779	-79.204300	2023-07-16 21:19:22
152	-4.032949	-79.204132	2023-07-16 21:21:22
153	-4.033001	-79.204140	2023-07-16 21:23:22

Mostrando filas 100 - 124 (total de 158, La consulta tardó 0.0009 segundos.)

```
SELECT * FROM `tbl_gps`
```

id	lat	lng	created_date
154	-4.033043	-79.204071	2023-07-16 21:25:22
155	-4.033081	-79.204086	2023-07-16 21:27:22
156	-4.032992	-79.204140	2023-07-16 21:29:22
157	-4.033112	-79.204086	2023-07-16 21:31:22
158	-4.033488	-79.203903	2023-07-16 21:33:23
159	-4.033314	-79.204025	2023-07-16 21:35:23
160	-4.033077	-79.204163	2023-07-16 21:37:24
161	-4.033079	-79.204201	2023-07-16 21:39:23
162	-4.033176	-79.204140	2023-07-16 21:43:23
163	-4.033082	-79.204124	2023-07-16 21:45:23
164	-4.033117	-79.204140	2023-07-16 21:47:23
165	-4.032946	-79.204300	2023-07-16 21:49:23
166	-4.032409	-79.204468	2023-07-16 21:53:23
167	-4.033078	-79.204208	2023-07-16 21:55:24
168	-4.032787	-79.204285	2023-07-16 21:57:24
169	-4.032973	-79.204193	2023-07-16 21:59:24
170	-4.032973	-79.204193	2023-07-16 22:01:24
171	-4.032872	-79.204262	2023-07-16 22:03:24
172	-4.032806	-79.204178	2023-07-16 22:05:24
173	-4.032694	-79.204185	2023-07-16 22:09:24
174	-4.033187	-79.204109	2023-07-16 22:11:24
175	-4.032731	-79.204277	2023-07-16 22:13:24
176	-4.032772	-79.204353	2023-07-16 22:15:25
177	-4.033021	-79.204185	2023-07-16 22:17:25
178	-4.032968	-79.204216	2023-07-16 22:19:25

id	lat	lng	created_date
179	-4.032914	-79.204247	2023-07-16 22:21:25
180	-4.032874	-79.204201	2023-07-16 22:23:25
181	-4.032775	-79.204300	2023-07-16 22:25:25
182	-4.033418	-79.204041	2023-07-16 22:27:25
183	-4.033162	-79.204178	2023-07-16 22:29:25
184	-4.033030	-79.204269	2023-07-16 22:31:25
185	-4.033192	-79.204140	2023-07-16 22:33:25
186	-4.032728	-79.204346	2023-07-16 22:35:26
187	-4.034142	-79.203781	2023-07-16 22:37:25
188	-4.033080	-79.204147	2023-07-16 22:39:25
189	-4.032965	-79.204262	2023-07-16 22:41:26
190	-4.033422	-79.204140	2023-07-16 22:45:26
191	-4.033414	-79.203979	2023-07-16 22:47:26
192	-4.032880	-79.204361	2023-07-16 22:51:26
193	-4.032965	-79.204239	2023-07-16 22:53:26

Introducción

El Manual de Usuario tiene como objetivo guiar a los usuarios en el uso adecuado del Sistema de Rastreo de Personas en Tiempo Real, desarrollado como parte de la tesis titulada “Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM”.

Iconos Instructivos



Advertencia: Circunstancias que podrían resultar en daños físicos para usted o para terceras personas.



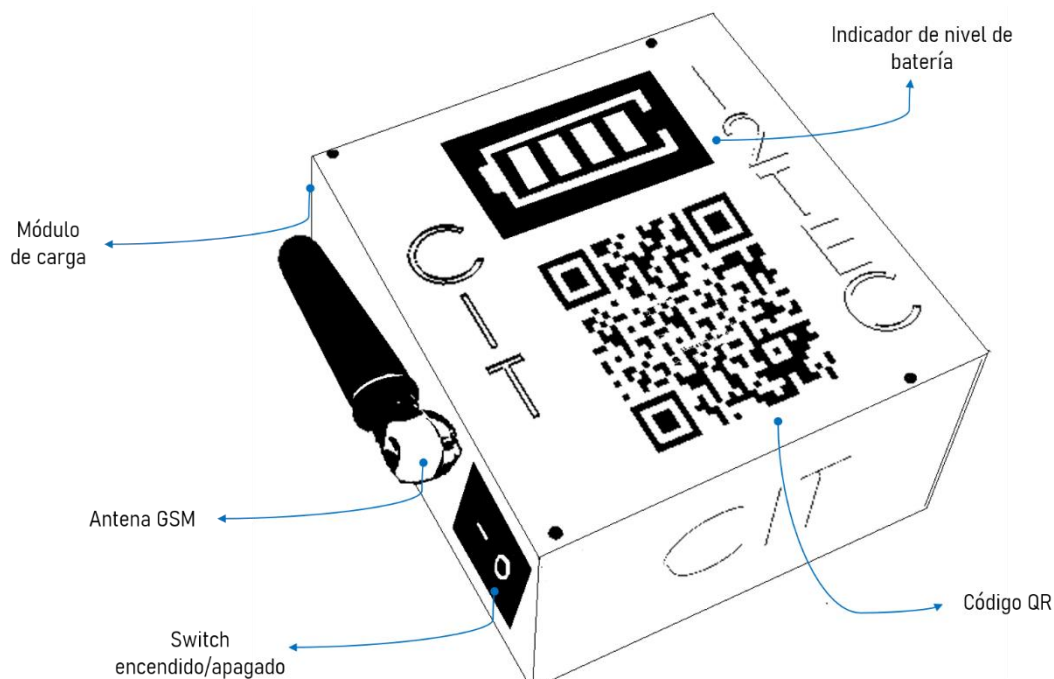
Precaución: Circunstancias que podrían causar daños al dispositivo o a otros equipos cercanos.



Nota: Información adicional, consejos de uso o notas relevantes acerca del dispositivo.

Descripción General del Dispositivo

Diseño del dispositivo



La antena GSM, ubicada en el lateral izquierdo del prototipo, se encarga de transmitir y recibir señales de radiofrecuencia entre el dispositivo y las torres celulares cercanas. Se activa automáticamente cuando el dispositivo está encendido.



No manipule la antena con las manos u otros objetos. Esto podría ocasionar problemas de conectividad o incluso provocar daños irreversibles en la antena.

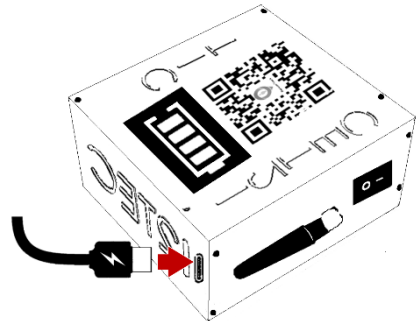


- Pulse el switch para encender o apagar el dispositivo.
- El código Qr contiene el número del dueño del dispositivo. Escanéelo y verifique si el número registrado es el correcto.
- El indicador de nivel de batería muestra el estado de carga mediante 4 indicadores luminosos.

Indicaciones para alimentar el dispositivo

Antes de utilizar el dispositivo por primera vez, es necesario cargar la batería. Puede hacerlo utilizando el cargador suministrado o conectando el dispositivo a un ordenador mediante el cable USB.

1. Conecte el extremo pequeño del cargador a la entrada de carga del dispositivo y el extremo grande al tomacorriente.



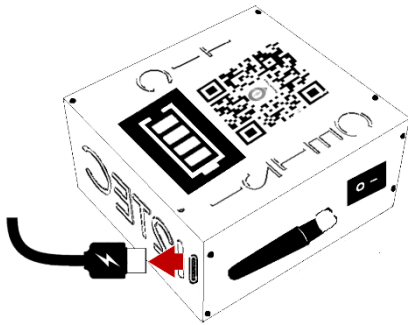
Utilice únicamente cables tipo C y cargadores o baterías con salidas de voltaje de 3V a 6V. Un voltaje mayor, puede provocar la explosión de la batería o dañar el dispositivo.



- Asegúrese de que el dispositivo esté apagado durante el proceso de carga.
- No utilice cables en mal estado y evite conectar el cargador en forma incorrecta, podría provocar daños serios al dispositivo.



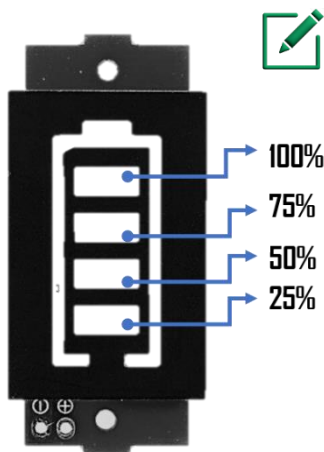
- Es normal que el dispositivo se caliente durante la carga. Sin embargo, si el dispositivo se calienta excesivamente, desconecte el cargador y permita que el dispositivo se enfríe antes de intentar cargarlo nuevamente.
- El indicador muestra el estado de carga y si se realizó de forma completa. Verifica la carga exitosa del prototipo antes de empezar a utilizarlo.



2. Después de cargar completamente el dispositivo, desconéctelo del cargador. Primero desconecte el cargador del dispositivo y, luego, retire el enchufe del tomacorriente.

Estado de Carga del Dispositivo

El indicador de nivel de carga muestra el estado actual de la batería del dispositivo. A medida que se va utilizando el dispositivo y la batería se va agotando, el número de luces disminuirá, indicando que la carga de la batería está disminuyendo. Esto permite al usuario conocer cuánta energía le queda a la batería y si es necesario cargarla.



- Si el indicador muestra cuatro luces encendidas, significa que la batería está completamente cargada o tiene 7.8v.
- Si el indicador muestra tres luces encendidas, indica que la batería está cargada al 75% o tiene un voltaje de 7.4 V.
- Si el indicador muestra dos luces encendidas, significa que la batería está cargada al 50% o tiene un voltaje de 7 V.
- Si el indicador muestra una luz encendida, esto indica que la batería se ha descargado casi por completo y solo tiene un 25% de carga restante, lo cual equivale a unos 6.6 voltios. En

este caso, se recomienda cargar el dispositivo.

Contenidos de la caja

Al adquirir el servicio de PersonTrack, la caja del producto incluirá los siguientes elementos:

- ✓ Dispositivo
- ✓ Batería
- ✓ Tarjeta SIM
- ✓ Credenciales de acceso para la aplicación móvil y web
- ✓ Manual de usuario

Cuando el usuario decide adquirir el servicio de PersonTrack, es importante que tenga en cuenta algunos requisitos para el dispositivo:



- El usuario deberá proporcionar un número telefónico de emergencia para habilitar la función de localización de usuarios mediante mensajes de texto y activar la opción del código QR.
- Los elementos suministrados están diseñados exclusivamente para este dispositivo y podrían no ser compatibles con otros.
- Las actualizaciones de software están sujetas a cambio sin previo aviso.
- Los fallos de funcionamiento provocados por el uso de accesorios no aprobados son responsabilidad exclusiva del usuario.
- Para obtener más información acerca de los accesorios disponibles, así como las características y funcionalidades que ofrece PersonTrack, consulte el sitio web <https://persontrack.site/>.

Descripción General del Sistema

El Sistema de Rastreo de Personas en Tiempo Real, es una solución integral que combina hardware y software para brindar tranquilidad y seguridad a los usuarios. Con funciones intuitivas y avanzadas, permite acceder a información de identificación, establecer geocercas y rastrear la ubicación en tiempo real, ofreciendo notificaciones instantáneas y una ubicación precisa.

Para Comenzar

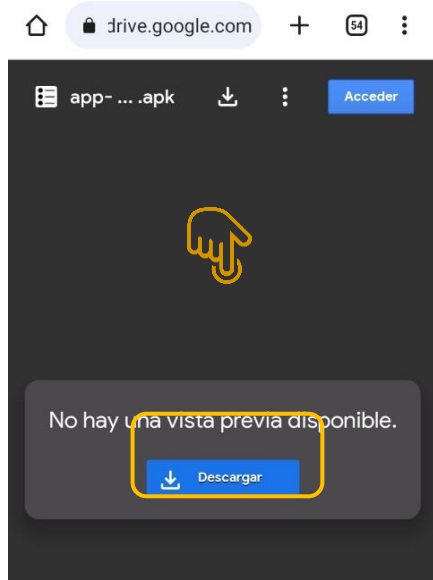
- 1. Instalación de la Aplicación Móvil:** El usuario debe descargar el APK de la aplicación móvil desde la página web <https://persontrack.site/> para comenzar a utilizar el sistema en su dispositivo.



El usuario puede descargar el APK de la aplicación móvil de dos maneras diferentes.

➤ Descargar desde Google Drive.

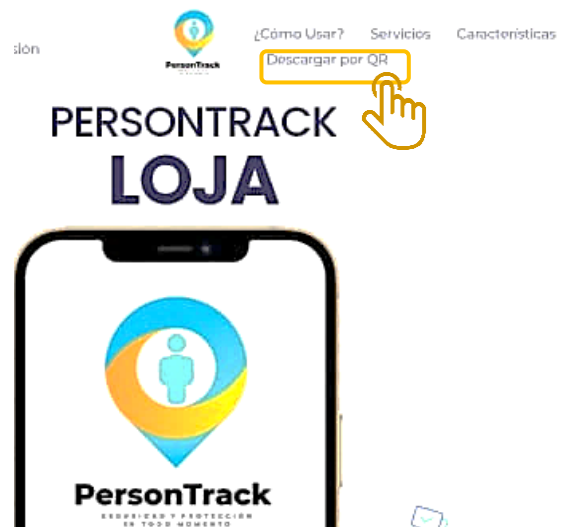
En la página web, selecciona la opción de “DESCARGAR” y será redirigido a un enlace en Google Drive donde podrá acceder y descargar el APK de la aplicación



- Puede ingresar directamente a la página web desde su teléfono móvil o desde una PC. Si opta por la segunda opción, deberá transferir el archivo APK a su dispositivo después de descargarlo.
- Toca el archivo APK para iniciar el proceso de instalación. Si es necesario, habilita la opción "Instalar desde fuentes desconocidas" en la configuración de seguridad de tu dispositivo.

➤ Descargar mediante Código QR.

En la página web, selecciona la opción de “Descargar por QR”, que redirigirá al código QR que contiene el APK.

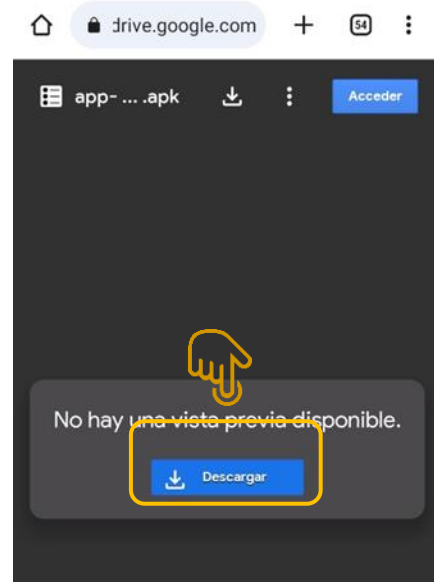




- Una vez escaneado el código, se te redirigirá a la página de descarga del APK, y selecciona la opción de descarga del APK.



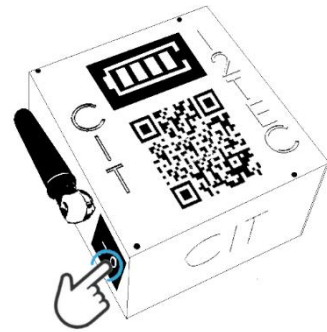
- Toca el archivo APK para iniciar el proceso de instalación. Si es necesario, habilita la opción "Instalar desde fuentes desconocidas" en la configuración de seguridad de tu dispositivo.
- Sigue las instrucciones de instalación en pantalla. Una vez finalizada la instalación, la aplicación móvil de PersonTrack estará lista para usar.



2. Encendido del Dispositivo.

Para encender el prototipo, sigue los siguientes pasos:

1. Presiona el botón de encendido ubicado en el lateral del dispositivo.

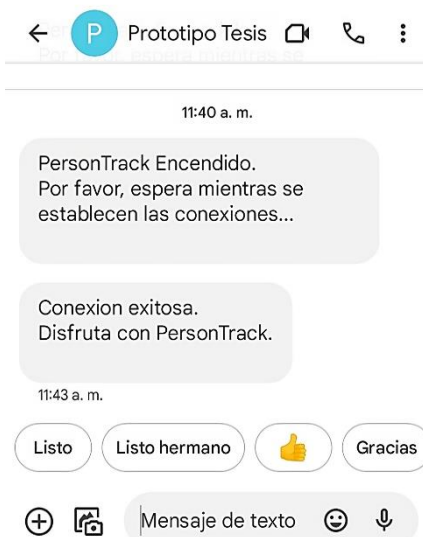


2. Espera unos segundos

en tu dispositivo móvil para recibir un mensaje que indique que el prototipo se ha encendido correctamente.



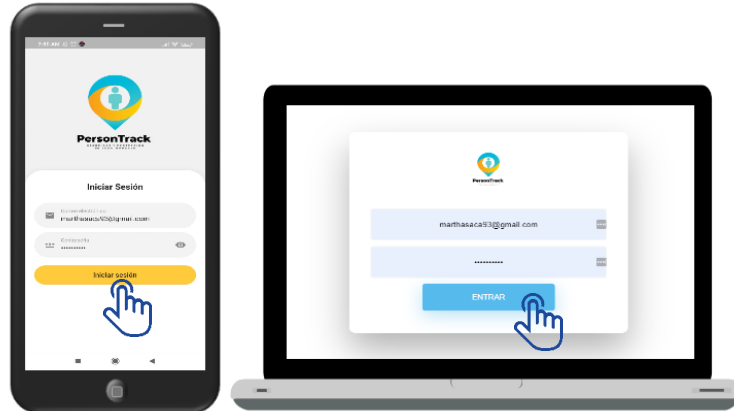
- Permite unos minutos para que se establezcan las señales GPS. Se recomienda mantener el prototipo al aire libre durante este proceso.
3. Una vez que las señales GPS se establezcan, recibirás un mensaje de confirmación que te informará que el prototipo se ha inicializado por completo y está listo para su uso.



Uso de las Funcionalidades

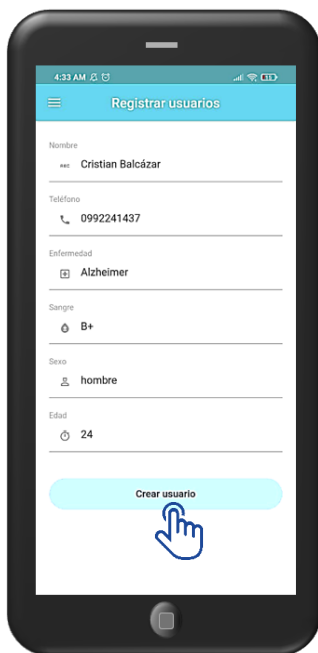
1. Inicio de Sesión.

Para acceder al sistema, el usuario deberá iniciar sesión en la aplicación móvil o en la interfaz web utilizando las credenciales proporcionadas por los administradores.



- Una vez ingresado al sistema a través de la aplicación móvil, se recomienda cambiar la contraseña por motivos de seguridad.
- La nueva contraseña debe contener más de 8 caracteres y combinar letras, números y símbolos para garantizar una mayor protección de la cuenta.

2. Registro de usuarios



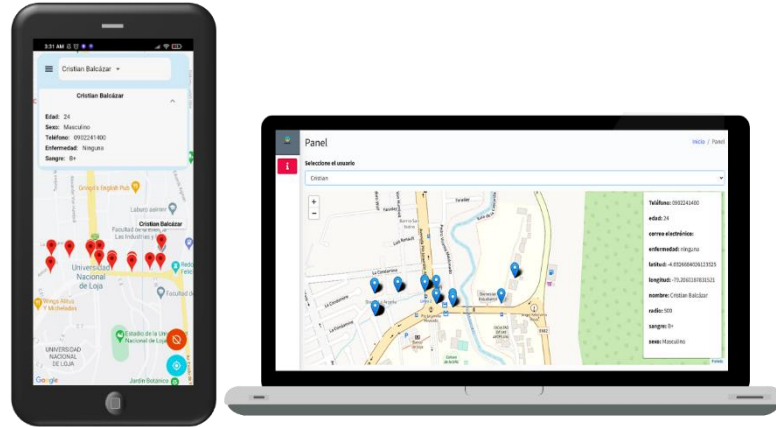
El usuario puede gestionar y administrar de forma precisa los perfiles de los usuarios mediante la incorporación de un registro completo de datos personales.



- Es recomendable mantener un registro de cada usuario que utilice un dispositivo de localización. Para evitar confusiones al momento de activar o gestionar alguna función del sistema.
- Un registro detallado de los usuarios ayudará a mantener un control eficiente y proporcionar un servicio personalizado a cada usuario.
- El registro está diseñado para permitir modificaciones, adiciones o eliminaciones de información sin necesidad de volver a registrar todos los datos.

3. Rastrea el Dispositivo

El usuario cuenta con la opción de monitorear la ubicación del dispositivo de forma precisa y en tiempo real.



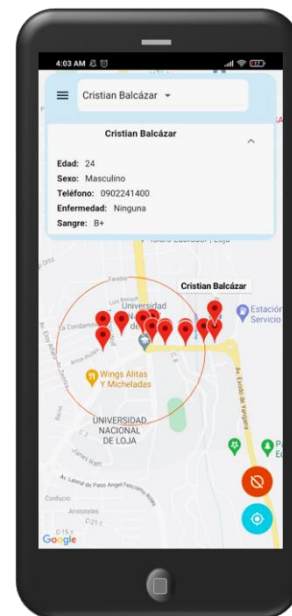
- Tiene la opción de monitorear la ubicación del dispositivo a través de la aplicación móvil o a por medio del sitio web.
- Otra opción para conocer la ubicación del usuario es a través de mensajes de texto. El usuario debe enviar un SMS con la frase "donde esta" y el dispositivo responderá automáticamente con las coordenadas de su ubicación actual.

4. Establece Geocercas

El usuario puede configurar geocercas que le permite definir límites geográficos y restringir la movilidad de cada usuario según sus necesidades.



- Se recomienda definir límites geográficos personalizados para cada usuario.
- El dispositivo tiene la capacidad de enviar mensajes de alertas por medio de una notificación, al momento que el usuario exceda el límite designado.
- La aplicación proporciona la opción de redirigirte a Google Maps para seguir la ruta hasta la posición actual del dispositivo.



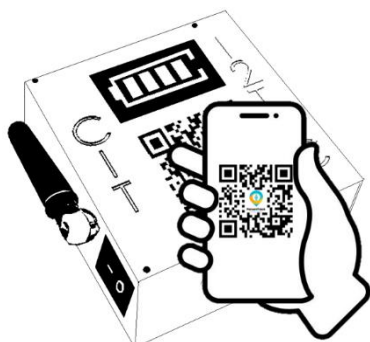
5. Rastreo de ubicación a través de mensajes de texto

El prototipo ofrece la función de obtener las coordenadas de la ubicación del usuario mediante mensajes de texto.

- Para obtener la ubicación, el usuario simplemente debe enviar un mensaje de texto con la palabra "Donde esta" al número del prototipo.
- En respuesta, el prototipo enviará de vuelta, por el mismo medio, las coordenadas en tiempo real de la persona rastreada, permitiendo así conocer su ubicación actual.



6. Cogido QR para casos de emergencia



- El prototipo cuenta con un código QR integrado que contiene el número de emergencia proporcionado por el propietario del dispositivo.
- Cualquier persona puede escanear este código QR utilizando un lector adecuado para obtener el número de contacto del cuidador. Esta funcionalidad está destinada a ser utilizada en situaciones de emergencia donde se requiere asistencia inmediata.



Anexo 11. Certificado de Traducción del Resumen.

Loja, 27 de diciembre de 2023

Lic. Karina Yajaira Martínez Luzuriaga

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

CERTIFICO:

Yo, Karina Yajaira Martínez Luzuriaga con cédula de identidad Nro. 1104902679, **Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Inglés** por la Universidad Técnica Particular de Loja, con número de registro 1031-2022-2574017 en la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, señalo que el presente documento es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen del Trabajo de Integración Curricular denominado **"Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM"** elaborado por el Sr. Cristian Paul Balcázar Anguisaca, con cédula de identidad Nro. 1106017732 y la Srta. Martha Verónica Saca Gualan con cédula de identidad Nro. 1950040400, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja.



Lic. Karina Yajaira Martínez Luzuriaga

C.I. 1104902679

REGISTRO SENESCYT N°: 1031-2022-2574017