



Universidad **Mariana**

Desarrollo De Un Sistema De Telemetría Para El Monitoreo De Variables, Localización Y
Generación De Alarmas En Taxis De La Empresa Galena, Pasto

David Andrés De La Cruz Rosero

Edgar Danilo Morillo Gordillo

Universidad Mariana
Facultad De Ingeniería
Programa De Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto
2023

Desarrollo De Un Sistema De Telemetría Para El Monitoreo De Variables, Localización Y
Generación De Alarmas En Taxis De La Empresa Galena, Pasto

David Andrés De La Cruz Rosero

Edgar Danilo Morillo Gordillo

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero Mecatrónico

Tito Manuel Piamba

Asesor

Edgar Fernando Parra

Co-asesor externo

Universidad Mariana
Facultad De
Ingeniería
Programa De Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto
2023

Artículo 71: Los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva de los estudiantes

David Andrés De La Cruz y Edgar Danilo Morillo Gordillo.

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible la realización de este proyecto de investigación.

A nuestro asesor, Tito Manuel Piamba, por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y guía fueron fundamentales para dar forma a esta investigación.

A nuestras familias, por su amor incondicional, apoyo emocional y comprensión durante los momentos desafiantes de este viaje académico. Sin su aliento, este logro no habría sido posible. A la Universidad Mariana por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. La infraestructura y las facilidades brindadas han sido cruciales para el éxito de este proyecto.

A todos aquellos que participaron en las entrevistas y encuestas, su contribución fue esencial para la recopilación de datos y la comprensión profunda del tema. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, han dejado una marca positiva en este viaje académico. Este logro no solo es nuestro, sino de todos aquellos que han compartido su conocimiento, tiempo y apoyo.

¡Gracias!

Contenido

Introducción	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.1.1. Formulación del problema	17
1.2 Justificación.....	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4 Marco referencial o fundamentos teóricos	19
1.4.1. Marco de antecedentes.	19
1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos.	19
1.4.1.2. Vigencia de la temática.	20
1.4.1.3. Descripción de artículos.....	20
1.4.2. Marco teórico	26
1.4.2.1. Qué es la telemetría vehicular (AVL).	26
1.4.2.2. Sistema de adquisición de datos de las variables..	27
1.4.2.2.1. Convertidor Analógico-Digital (ADC)..	27
1.4.2.2.2. Convertidor Digital-Analógico (D/A).....	27
1.4.2.3. Ubicación GPS y tecnología GSM.....	27
1.4.2.3.1. ¿Qué es un GPS?	28
1.4.2.3.2. ¿Cómo funciona un GPS?	28
1.4.2.3.3. Módulo GPS Neo8N.	29
1.4.2.4. Red de telefonía móvil GSM.....	31
1.4.2.4.1. SIM 900.....	32
1.4.2.4.2. SIM 808.....	32
1.4.2.5. Telemetría Vehicular.....	32
1.4.2.6. Seguridad vehicular.....	32
1.4.2.6.1. Botón de pánico.....	33

1.4.2.7. Plataformas de desarrollo.....	33
1.4.2.7.1. Arduino.....	33
1.4.2.7.2. IDE de Arduino.....	33
1.4.2.8. Plataforma web.....	33
1.4.2.8.1. Ubidots.....	34
1.4.2.8.2. Plataforma de pruebas.....	34
1.4.3. Marco contextual.....	34
1.5 Metodología.....	34
1.5.1. Tipo de investigación.....	34
1.5.2. Línea y sublínea del grupo de investigación.....	35
1.5.3. Hipótesis de la investigación.....	35
1.5.4. Descripción metodológica.....	35
1.5.4.1. Fase 1 Diagnóstico.....	35
1.5.4.2. Fase 2 Análisis.....	35
1.5.4.3. Fase 3 Requerimientos.....	36
1.5.4.4. Fase 4 Diseño.....	36
1.5.4.5. Fase 5 Validación de resultados.....	36
1.5.5. Validez de la investigación.....	37
1.5.5.1. Instrumentos de referencia.....	37
1.5.5.1.1. Método a través de la comparación.....	37
2 Presentación de resultados.....	38
1.1 Resultados de acuerdo a los objetivos.....	38
2.1.1. Resultado del objetivo 1.....	38
2.1.2. Resultado del objetivo 2.....	44
2.1.2.1. Primer prototipo.....	45
2.1.2.2. Segundo prototipo.....	46
2.1.2.3. Tercer prototipo.....	47
2.1.2.4. Cuarto prototipo.....	48
2.1.2.5. Sensor de Gasolina.....	51
2.1.2.6. Encendido del vehículo.....	52

2.1.2.7. Sensor de temperatura	53
2.1.2.8. Quinto prototipo	56
2.1.2.9. Implementación detección de encendido.	57
2.1.2.10. Fuente de alimentación.....	61
2.1.2.11. BMS	61
2.1.2.12. Diseño de caja	63
2.1.2.13. Diseño de Plataforma de Pruebas.....	65
2.1.3. Resultado del objetivo 3.....	67
2.1.3.1. Primera prueba	67
2.1.3.2. Segunda prueba	69
2.1.3.3. Plataforma de prueba.....	69
2.2 Análisis e interpretación de resultados.....	70
2.2.1. Margen de error del GPS SIM808.....	73
2.2.2. Margen de error en el tiempo de envío de datos en la plataforma de Ubidots.....	73
2.2.3. Margen de error en el tiempo de envío de datos en la plataforma de pruebas	75
2.2.4. Comparación de datos de coordenadas y velocidad.....	76
2.2.5. Comparación de temperatura con termómetro calibrado	79
2.2.6. Error de temperatura.....	80
2.3 Discusión.....	81
3 Conclusiones	82
4 Recomendaciones.....	83
Anexos.....	74

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Criterios de búsqueda</i>	20
Tabla 2 <i>Descripción de Top 5 artículos más citados en la historia</i>	21
Tabla 3 <i>Especificaciones generales del módulo GPS Neo8N</i>	30
Tabla 4 <i>Especificaciones del funcionamiento del módulo GPS NEO8N</i>	31
Tabla 5 <i>Características principales MAX6675 Termopar K</i>	54
Tabla 6 <i>Documentación SWITCH</i>	60
Tabla 7 <i>Muestra de datos con mayor precisión en el tiempo de envío</i>	76

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Gráfica de consumo vs distancia recorrida.</i>	17
Figura 2 <i>Vigencia del tema sin filtros.</i>	21
Figura 3 <i>El posicionamiento automático del vehículo.</i>	27
Figura 4 <i>Encuesta a personas y conductores sobre horario.</i>	40
Figura 5 <i>Encuestas sobre medios de comunicación y acciones en caso de una emergencia.</i>	41
Figura 6 <i>Encuesta a conductores sobre si han sido víctimas de robo.</i>	42
Figura 7 <i>Encuesta sobre sistema de seguridad a implementar</i>	43
Figura 8 <i>Monitoreo de variables en el vehículo.</i>	43
Figura 9 <i>Encuesta sobre el mejoramiento del servicio de transporte</i>	44
Figura 10 <i>Diagrama de conexiones y descripción de pines.</i>	45
Figura 11 <i>Primer prototipo.</i>	46
Figura 12 <i>Primer prototipo.</i>	47
Figura 13 <i>Primera prueba de recorrido.</i>	48
Figura 14 <i>Tercer prototipo.</i>	48
Figura 15 <i>Segundo recorrido monitoreado en la plataforma de Ubidots</i>	49
Figura 16 <i>Cuarto prototipo en protoboard.</i>	50
Figura 17 <i>Cuarto prototipo en protoboard alimentado por baterías 18650.</i>	51
Figura 18 <i>Tercer recorrido monitoreado en la plataforma de Ubidots</i>	52
Figura 19 <i>Sensor de Gasolina tipo flotador</i>	52
Figura 20 <i>Circuito conversión de 12V a 3.3V</i>	53
Figura 21 <i>Sensor de temperatura MAX6675.</i>	54

	Fi
Figura 22 Circuito en protoboard para detectar el arranque, la desconexión de la batería, y sensor de gasolina.	55
Figura 23 Monitoreo en la plataforma Ubidots.	56
Figura 24 Desarrollo de PCB en PROTEUS.	56
Figura 25 Quinto prototipo.	57
Figura 26 Terminal J2 y J3.	59
Figura 27 Conexiones físicas de 12V y switch (Sistema apagado)	59
Figura 28 Detección apagado del switch.	60
Figura 29 Conexiones físicas de 12V y switch (Sistema encendido)	60
Figura 30 Detección encendido del switch.	61
Figura 31 Diagrama de conexión del BMS.	62
Figura 32 Diagrama de conexiones del sistema completo.	62
Figura 33 Diseño de caja	63
Figura 34 Caja en impresión en 3D	63
Figura 35 Dispositivo Final.	64
Figura 36 Descripción de pines del dispositivo.	64
Figura 37 Plataforma de pruebas.	66
Figura 38 Batería extra para GPS SKYPATROL	67
Figura 39 Prueba de recorrido comparado con el GPS comercial	68
Figura 40 Segunda prueba de recorrido.	69
Figura 41 Primera prueba de recorrido con plataforma de prueba.	70
Figura 42 Primera parte del recorrido con el GPS SKYPATROL	71

Figura 43 <i>Primera parte del recorrido con el GPS SIM808.</i>	71
Figura 44 <i>Segunda parte del recorrido con el GPS SKYPATROL</i>	72
Figura 45 <i>Segunda parte del recorrido con el GPS SIM808.</i>	72
Figura 46 <i>Margen de error en la localización con GPS SIM808.</i>	73
Figura 47 <i>Margen de error en el envío de datos en la plataforma de UBIDOTS.</i>	74
Figura 48 <i>Margen de error en el tiempo de envío en la plataforma de prueba.</i>	75
Figura 49 <i>Margen de error 1 Sistema SKYPATROL vs SIM808.</i>	77
Figura 50 <i>Margen de error 2 Sistema SKYPATROL vs SIM808.</i>	77
Figura 51 <i>Margen de error 3 Sistema SKYPATROL vs SIM808.</i>	78
Figura 52 <i>Comparación de temperatura con termómetro BioTemp.</i>	78
Figura 53 <i>Comparación de temperatura en plataforma de prueba.</i>	79
Figura 54 <i>Comparación de temperatura con termómetro BioTemp.</i>	79
Figura 55 <i>Error de temperatura.</i>	80

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo abordar el problema de la inseguridad en la ciudad de Pasto, enfocándose específicamente en el gremio de los taxistas, con énfasis en la empresa Galena. La propuesta consiste en diseñar e implementar un sistema de telemetría funcional en los vehículos, con el fin de generar alertas.

Para lograr este propósito, se ha empleado un módulo SIM808 v2 que integra tecnologías como GSM, GPRS y GPS. Estas tecnologías permiten la transmisión de datos a través de mensajes de texto, la utilización de la red telefónica y la ubicación satelital. El módulo SIM808 v2 se utiliza para rastrear la ubicación del vehículo, mientras que la red telefónica se aprovecha para utilizar los datos móviles.

En cuanto a la visualización de las variables relevantes, se ha seleccionado la plataforma de *Ubidots* y también se desarrolló una plataforma de pruebas. Esta plataforma permite observar los recorridos realizados por el vehículo en *Google Maps*, así como también proporciona información sobre la activación del botón de pánico, el consumo de gasolina y la temperatura del motor.

En lo que respecta a la alimentación del dispositivo, se utiliza la batería del vehículo como fuente principal. Además, se ha incorporado una batería externa como respaldo en caso de que el vehículo se apague o se produzca una desconexión de la batería.

Introducción

Uno de los principales problemas que afecta al gremio de taxis en la ciudad de Pasto es la inseguridad, se realizaron encuestas a varios conductores de taxis y manifiestan situaciones donde les hurtan su vehículo hasta provocar un asesinato por esta situación

En el presente trabajo se implementó un sistema de telemetría para la empresa de taxis Galena de la ciudad de Pasto el cual requiere un sistema para tener conocimiento de la ubicación y algunas variables de los vehículos que están afiliados a dicha empresa, este sistema tiene como finalidad aportar con el mejoramiento de la seguridad desde la parte tecnológica y de la ingeniería, el sistema va a estar implementado en algunos vehículos de la empresa Galena su función es leer datos de variables del vehículo como la ubicación, le temperatura del motor, consumo de gasolina entre otros. Todos estos datos serán enviados a una plataforma web donde podrán ser visualizados desde las instalaciones de la empresa Galena.

Se plantea entonces como proyecto de grado, “Desarrollo De Un Sistema De Telemetría Para El Monitoreo De Variables, Localización Y Generación De Alarmas En Taxis De La Empresa Galena, Pasto”.

1 Resumen del proyecto

1.1 Descripción del problema

En la actualidad, un factor que preocupa al gremio de taxistas a nivel nacional es la inseguridad que se relaciona con hurtos, violencia hasta asesinatos. Según los taxistas, declaran que el “gremio amarillo” está en total riesgo en cualquier parte. Dado lo anterior, se plantea estrategias tecnológicas que, en tiempo real, se establezca alarmas, ubicación y detención forzada del vehículo en caso de presentarse una de las situaciones mencionadas y que genere un sistema de ayuda entre el gremio y policía.

Otro aspecto importante, es la seguridad de los pasajeros, debido a que han sufrido las consecuencias en el momento de robo, también son despojados de sus elementos de valor sufriendo agresión y una alta posibilidad de ser asesinados.

Según los registros de la Policía Nacional de Colombia, en el primer trimestre del año 2019 se presentaron 450 denuncias por robo en el transporte público en seis ciudades: Barranquilla, Santa Marta, Cartagena, Medellín, Cali y Bucaramanga (Portafolio, 2019).

“Según el Diario del Sur, en una reacción de personal de la Policía Metropolitana de Pasto se logró frustrar el hurto a un taxista materializando la captura de los supuestos responsables.

Según el conductor de un taxi le prestó sus servicios a una pareja que le solicitaron una carrera hasta el corregimiento de Obonuco, occidente del municipio de Pasto, pero en el sector de San Felipe procedieron a amenazar con un cuchillo para despojarlo de sus pertenencias. “ (Diario del Sur, 2021)

En la solicitud de servicios de taxi, se conoce que algunos de estos son falsos positivos, en estos servicios, el taxista es solicitado en zonas alejadas o de alto riesgo para luego de llegar a la

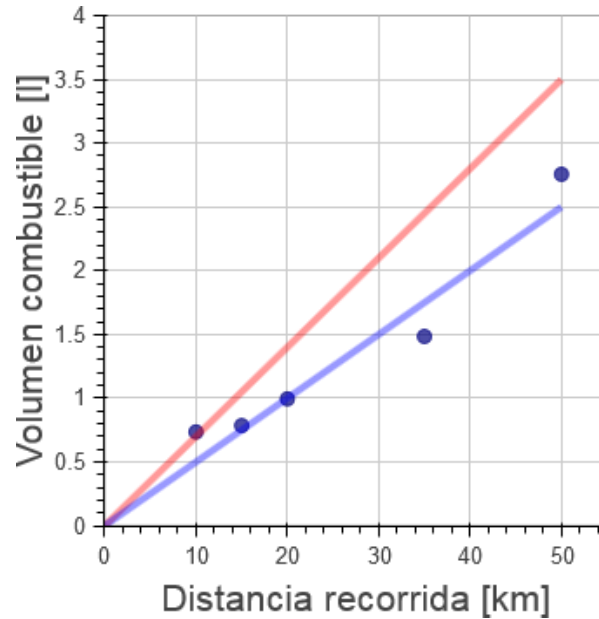
falsa ubicación, son despojados de sus pertenencias, objetos de valor y en algunos casos se ha presentado el asesinato del taxista.

Otro aspecto relevante es sobre la competitividad que existe entre las empresas de taxis por prestar un servicio de transporte de calidad. Para ello tener vehículos en buen estado conlleva a que las empresas de taxis necesiten tener un registro de las variables de sus vehículos como: consumo de gasolina, kilometraje, temperatura del motor y ubicación satelital. Conocer esta información es importante, debido a que por ejemplo cuando un motor presenta altas temperaturas, genera una serie de situaciones que dañan no solo el motor, sino otros elementos del automóvil. Esto es útil para determinar la eficiencia del vehículo.

Se tiene un ejemplo de una gráfica de la eficiencia de un vehículo determinado, se puede observar que aproximadamente en 50 km recorridos se ha consumido 2.5 litros de combustible, entonces para determinar rápidamente la eficiencia simplemente dividimos litros consumidos entre kilómetros recorridos.

Figura 1

Gráfica de consumo vs distancia recorrida.



Nota: Las dos rectas representan dos eficiencias diferentes. La azul se parece más a la eficiencia “real” y, por lo tanto, es una mejor aproximación. Tomado de (Lynn, 2017).

La empresa, está en la necesidad de la inclusión de este tipo de tecnologías para mejorar los procesos de seguimiento que actualmente se manejan de forma tradicional.

Actualmente ya existen sistemas de telemetría que puedan realizar algunas de las funciones anteriormente mencionadas, pero estos sistemas que ya están en el mercado están limitados en su funcionamiento. En la empresa GALENA, se requiere implementar soluciones más personalizadas y adaptadas a sus necesidades específicas.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cómo implementar un sistema de telemetría en vehículos para obtener datos de variables como: consumo de gasolina, kilometraje, temperatura y ubicación satelital además implementar un sistema de alarma como el botón de pánico en la empresa de TAXIS GALENA en la Ciudad de Pasto?

1.2 Justificación

“El proceso de innovación de las empresas por hacerlas competitivas, implica implementar herramientas que faciliten el aumento generalizado para la capacidad competitiva y así generar valor agregado a sus productos y procesos en una búsqueda constante por mejorar el servicio al cliente” (Velásquez, 2015).

El propósito general de este proyecto es aportar con el mejoramiento de los servicios de transporte de la empresa GALENA S.A. principalmente enfocado a la seguridad utilizando ingeniería como herramienta tecnológica para resolver el problema.

Se propone la mejora de los sistemas de monitoreo en vehículos disponibles en el mercado. Este proyecto busca incorporar una funcionalidad ausente en los sistemas de telemetría actuales: la capacidad para recopilar datos sobre el nivel de combustible.

En la ingeniería, podemos encontrar nuevas formas de innovación para mejorar la prestación de servicios, la producción y la seguridad.

La implementación de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en la cadena logística de las empresas, constituye una aplicación a la vanguardia de las tecnologías de la

información que hoy por hoy se están empleando para controlar en tiempo real el transporte y la distribución de carga.

Los sistemas de posicionamiento global (GPS) ya se están usando para mejorar la seguridad y logística de los movimientos que los vehículos están realizando, en este caso el sistema GPS tiene la función de ubicación, historial del recorrido y también varios de estos sistemas ya tienen la función de botón de pánico, pero en este caso se diseñó un botón de pánico ajustado a las necesidades de la empresa.

El botón de pánico está ubicado en un lugar estratégico que previamente se definió mediante un estudio realizado junto con la empresa y los conductores. También se agregó una función que tenga la capacidad de desconectar algunas funcionalidades del vehículo en este caso: desconectar el motor, desconectar la batería y bloquear el acceso a la cabina de transporte.

Por lo tanto, el prototipo de telemetría a implementar centra sus funciones en mejorar los sistemas de telemetría que actualmente existen para así aportar con el mejoramiento del servicio de transporte que ofrece la empresa GALENA enfocándose principalmente en la seguridad.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementación y diseño de un sistema de telemetría para el monitoreo de variables y de seguridad en taxis de la empresa Galena.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un proceso de investigación desde la parte interna de la empresa para determinar las variables necesarias que se requieren medir en un vehículo.
- Diseñar y construir un sistema con telemetría y seguridad bajo criterios técnicos aplicado en taxis de la empresa Galena.
- Verificar el funcionamiento del sistema implementado a través del monitoreo continuo en comparación a un modelo comercial (Skypatrol).

1.4 Marco referencial o fundamentos teóricos

1.4.1. Marco de antecedentes.

1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos.

Tabla 1

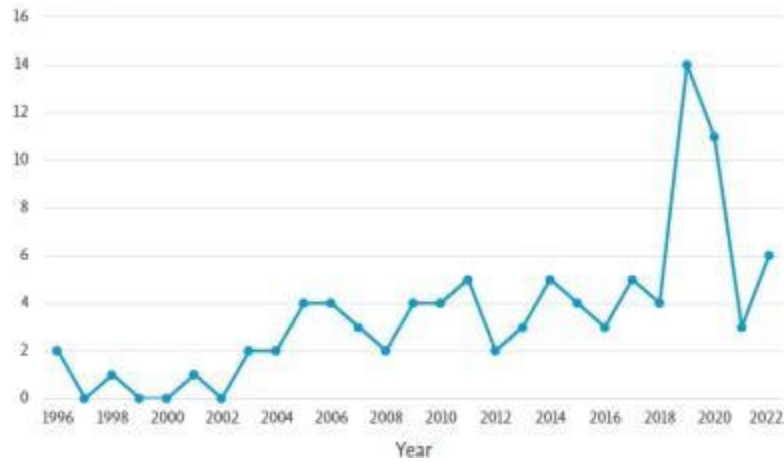
Criterios de búsqueda

Tipo de búsqueda	Artículos
Criterios de búsqueda	“TELEMETRY” AND “SECURITY” AND “VEHICLES”
Periodo de búsqueda	2018-2022
Número de documentos encontrados sin filtros	94
Idioma	Solo artículos en inglés
Filtro por área técnica	INGENIERÍA, COMPUTACIÓN
Tipo de documento	Artículos
Número de documentos encontrados con filtros	14

1.4.1.2. Vigencia de la temática.

Figura 2

Vigencia del tema sin filtros.



1.4.1.3. Descripción de artículos.

Tabla 2

Descripción de Top 5 artículos más citados en la historia

Número	Autores y año	Número de citas	Área temática
1	Bailey, RM, Hostetler, RW, Barnes, KN, Belcastro, CM, Belcastro, CM Año 2005	59	Validación experimental: Instalaciones terrestres de aeronaves a escala inferior y capacidad de prueba integrada.

2	Goddemeir, N. , Daniel, K. , Wietfeld, C. Año 2010	42	Evaluación de cobertura de redes inalámbricas para sistemas aéreos no tripulados.
3	Rahman, SU ,Hengartner, U, Año 2007	32	Informes seguros de accidentes en redes vehiculares ad hoc.
4	Zungeru, AM , Gaboitaolelwe, J. , Diarra, B., (...), David, M. , Zibani I. Año 2019	15	Un sistema de conmutación de hogar inteligente seguro basado en comunicaciones inalámbricas y recolección de energía propia.
5	Men, Q. , Ma, S. , Xia, L. , Wang, Y Año 2009	14	Investigación sobre el sistema de control de la seguridad y la gestión de la salud de los UAV.

Las pruebas experimentales son un aspecto importante de la validación de tecnologías de aeronaves críticas para la seguridad integradas y complejas. El banco de pruebas *Airborne Subscale Transport Aircraft Research (AirSTAR)* se está desarrollando en *NASA Langley* para validar tecnologías en condiciones que no se pueden validar en vuelo a gran escala. Vehículos. La capacidad de *AirSTAR* comprende una serie de modelos de subescala voladores, equipos de apoyo en tierra asociados y una estación base de investigación en *NASA Langley*. La capacidad del modelo de subescala utiliza una clase de transporte genérica escalada al 5,5 %. vehículo conocido como Modelo Genérico de Transporte (*GTM*). Las instalaciones terrestres de *AirSTAR* abarcan la infraestructura de hardware y software necesaria para brindar servicios de soporte completos para el banco de pruebas *GTM*. Las instalaciones terrestres admiten el pilotaje remoto de la aeronave *GTM* e incluyen todos los subsistemas necesarios para datos/video telemetría, implementación y evaluación de algoritmos de control de vuelo experimental, simulación *GTM*, grabación/archivo de datos y comunicaciones de audio. Las instalaciones de tierra incluyen un autocontenido, motorizado vehículo sirviendo como un centro de operaciones / comando de investigación móvil, capaz de desplegarse en sitios remotos cuando se realizan experimentos de vuelo *GTM*. Las instalaciones terrestres también incluyen un laboratorio con sede en *NASA LaRC*

que proporciona capacidades casi idénticas al centro de operaciones/comando móvil, así como la capacidad de recibir datos/video/audio y enviar datos/audio al centro de operaciones/comando móvil durante Experimentos de vuelo *GTM* (ROGER M, *Hostetler*, Barnes, Belcastro, & Belcastro, 2005).

Los Vehículos Aéreo no tripulado (*UAV*) ganaron mucha popularidad durante los últimos años y se utilizan en muchas aplicaciones que van desde el reconocimiento hasta la recuperación de desastres y la detección remota [1][2]. En la mayoría de las aplicaciones se necesita algún tipo de enlace de comunicación para transmitir telemetría y datos de carga útil. Especialmente para la patria seguridad y operaciones civiles, la realización es a veces muy exigente debido a la falta de frecuencias de radio. Para superar esta limitación, investigamos la usabilidad de las redes celulares existentes. Considerando que estos *UAV* se comunican por medio de redes celulares para establecer enlaces aire-tierra confiables, se plantea un análisis y evaluación de las características del canal celular en el área operativa de baja altitud. En este artículo presentamos un análisis de cobertura para redes celulares para altitudes de hasta 500 m basado en mediciones aéreas de *RSSI*. ©2010 *IEEE* (Goddemeier, Kai, & Wietfeld, 2010).

Presentamos *AutoCore*, una aplicación automatizada de informes de fallas que utiliza *VANET* (*Vehicular Ad hoc NETWORKS*) para proporcionar video digital autenticado y telemetría datos. Estos datos son registrados por vehículos ya sea involucrado en o en la escena de un accidente y puede ser utilizado por los investigadores para reconstruir los eventos que condujeron al accidente. Para asegurar esta aplicación, presentamos una infraestructura con seguridad que amplía el estado del arte en *VANET* seguridad. En particular, las contribuciones de esta infraestructura incluyen (a) el concepto de Certificados de Vialidad, (b) el uso de estos certificados en un esquema práctico para la distribución de criptografía vehículo credenciales

emitidas por las autoridades regionales de transporte, (c) un esquema descentralizado para el anonimato condicional, intervehículo comunicación, (d) soporte eficiente para el *roaming* de vehículos entre diferentes jurisdicciones de autoridades de transporte y (e) una evaluación de nuestra seguridad en infraestructura utilizando *AutoCore* (Rahman & Hengartner, 2007).

Debido a la influencia humana y sus impactos negativos en el medio ambiente mundial, el mundo se está convirtiendo en un sistema energético más limpio y sostenible. Tanto en edificios públicos como privados, existe el deseo de reducir el uso de electricidad, automatizar electrodomésticos y optimizar el uso de electricidad de un edificio. Este artículo presenta el diseño y la implementación de un sistema de conmutación doméstico inteligente seguro basado en comunicaciones inalámbricas y recolección de energía propia. El sistema de conmutación seguro para el hogar inteligente propuesto integra el control de acceso de la electricidad del edificio, la recolección y el almacenamiento de energía para los componentes y circuitos electrónicos activos, y la comunicación inalámbrica para interruptores y enchufes inteligentes. El documento da dos contribuciones al diseño de sistemas de hogar inteligente: 1) Un diseño práctico e implementación de seguridad (sistema de control de acceso) para el suministro de energía de un edificio que agrega una función de bloqueo de manera que solo el personal autorizado puede alterar el estado de energía de los enchufes e interruptores inteligentes en un edificio, y; 2) Un modelo de sistema de recolección y almacenamiento de energía para los componentes electrónicos activos de los circuitos y comunicación inalámbrica para interruptores y enchufes inteligentes. El control de acceso consta de cuatro etapas (una unidad de control, una unidad de comparación, una unidad de memoria y la unidad de conmutación). El sistema de control de acceso proporciona medios de control de acceso al tener una seguridad por teclado que enciende o apaga la electricidad del edificio, siempre que el usuario conozca el código de

seguridad pin (8 pines codificados). El sistema propuesto también recolecta y almacena energía para todos los dispositivos electrónicos activos utilizando un sistema fotovoltaico con un buffer de energía de ultra condensador. El hogar inteligente seguro diseñado utilizó energía e interruptores inteligentes, y colas de mensajes para facilitar el control del uso de energía. Los resultados experimentales obtenidos de las extensas pruebas del prototipo muestran una mejora en seguridad y gestión energética en un edificio (Zungeru, 2019).

Cierto vehículo tipo de avión no tripulado general de medio alcance (*MRUAV*) está equipado con dispositivos de reconocimiento para llevar a cabo la observación en tiempo real de la posición del enemigo día y noche. Realizan la ubicación de objetivos y el ajuste de artillería para el misil operativo y táctico. El sistema de monitoreo y gestión de la salud para el *MRUAV* puede realizar algunas funciones: realizar seguridad, monitoreo y alerta temprana de fallas para todo el proceso de *UAV* que involucra despegue, vuelo y recuperación; registrando continuamente datos de telemetría durante el vuelo, así como la información de operación y mantenimiento del equipo, e integración de estos datos para el análisis de tendencias de degradación del rendimiento, la acumulación de vida útil y la previsión de vida restante, para diagnosticar fallas potenciales y proporcionar sugerencias de mantenimiento; proporcionando información de gestión integrada para todo el sistema *UAV*. El propósito de este sistema es sintetizar la detección de equipos, el diagnóstico de fallas y la gestión de mantenimiento en un todo para establecer una plataforma integrada de gestión y soporte de mantenimiento basada en la información del sistema *UAV* y, en última instancia, realizar el soporte logístico autónomo. © 2009 *IEEE*. (Man, Ma, Xia, & Wang, 2009)

1.4.2. Marco teórico

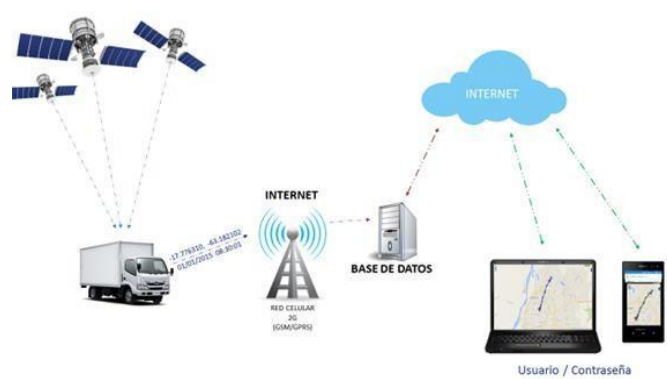
1.4.2.1. Qué es la telemetría vehicular (AVL). La telemetría es una tecnología que permite la medición de las características de un objeto (como la temperatura ambiente, o la presión existente en una tubería) y transportar los resultados a una estación distante donde son desplegados, guardados y analizados. La palabra se deriva de la raíz griega tele que significa remoto y metron que significa medir. (Marino Dodge, 2011)

La telemetría es una tecnología muy usada en distintas áreas, la cual tiene la función principal de recabar datos y posteriormente tratarlos para su análisis. Esta tecnología se basa en la transferencia de datos de una localidad a otra, la cual generalmente se lleva a cabo mediante señales de radio.

El posicionamiento automático del vehículo (AVL) se utiliza para rastrear la ubicación del vehículo, reducir los costos de combustible, optimizar las rutas de viaje, monitorear el comportamiento del conductor, minimizar el tiempo de inactividad y garantizar la seguridad del vehículo, las cargas y los conductores.

Figura 3

El posicionamiento automático del vehículo.



Para muchas empresas transportistas Resulta útil monitorear la operación del vehículo durante los viajes, con la finalidad de controlar el rendimiento del vehículo y así tomar decisiones oportunas.

1.4.2.2. Sistema de adquisición de datos de las variables. Consiste en la toma de muestras del mundo real para generar datos para posteriormente poder ser manipulados por un ordenador o ser visualizados. Algunos de los términos relacionados son: ADC (Conversor analógico Digital) y Convertidor Digital Analógico (D/A).

1.4.2.2.1. Convertidor Analógico-Digital (ADC). Un dispositivo electrónico que convierte señales analógicas a una forma digital equivalente. El convertidor de analógico a digital es el corazón de la mayoría de los sistemas de adquisición de datos.

1.4.2.2.2. Convertidor Digital-Analógico (D/A). Un componente electrónico se encuentra en muchos dispositivos de adquisición de datos que producen una señal de salida analógica.

1.4.2.3. Ubicación GPS y tecnología GSM. Sistema que permite la localización de cualquier objeto (persona, vehículo, etc) Para poder ubicar objetos en una posición tridimensional el receptor localiza 4 satélites de red de los cuales recibe las señales indicando la identificación y hora del reloj de cada uno de ellos.

1.4.2.3.1. ¿Qué es un GPS? El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre (A.Pozo Ruz 2021).

1.4.2.3.2. ¿Cómo funciona un GPS? El GPS funciona a través de una técnica llamada trilateración. Utilizada para calcular la ubicación, la velocidad y la elevación, la trilateración recopila señales de los satélites para enviar información de ubicación. A menudo se confunde con la triangulación, que se utiliza para medir ángulos, no distancias (John Kyes, 2020).

1.4.2.3.3. *Módulo GPS Neo8N.***Tabla 3***Especificaciones generales del módulo GPS Neo8N*

Precisión de la señal de pulso de tiempo	RMS	30 ns
	99%	60 ns
Frecuencia de la señal de pulso de tiempo		0.25 Hz ... 10 MHz (Configurable)
Limites operativos	Dinámica	$\leq 4 \text{ g}$
	Altitud	50.000 m
	Velocidad	500 m/s
	Precisión de velocidad	0.05 m/s
	Precisión del rumbo	0.3 grados

Tabla 4*Especificaciones del funcionamiento del módulo GPS NEO8N*

GNSS		GPS & GLONASS	GPS	GLONASS
Precisión de posición horizontal.		2.5 m	2.5 m	4 m
NEO-M8N				
Tasa máxima de actualización de navegación		5 Hz	10 Hz	10 Hz
Tiempo de adquisición de señales GSM y GPS	Inicio Frio	26 s	29 s	30 s
	Inicio Caliente	1s	1s	1s
	Arranque asistido	2s	2s	2s

1.4.2.4. Red de telefonía móvil GSM. GSM (Global System for Mobile communications) es un sistema de comunicaciones móviles que ofrece los siguientes servicios:

- Transmisión/recepción de voz
- Transmisión/recepción de datos
- Envío/Recepción De Mensajes Cortos (SMS)
- Envío/recepción de mensajes multimedia (MMS)

Con el GSM no es el teléfono el que contiene los datos del abonado, sino más bien "una tarjeta inteligente" denominada SIM Card, que se inserta en el aparato desde el que se desea llamar. La suscripción está en la tarjeta, no en el teléfono celular.

Esta tecnología es un estándar, además es conocida también como 2G debido a que fue una de las primeras tecnologías en dar el salto en las comunicaciones analógicas digitales.

En la práctica se puede utilizar en el campo de los microcontroladores para comunicarse como si se tratara de un teléfono celular. En la actualidad ya existen módulos con esta funcionalidad un ejemplo puede ser el SIM800L el cual es un módulo el cual nos permite enviar, recibir llamadas y SMS para conectarnos a internet.

1.4.2.4.1. SIM 900. Es un módem GSM/GPRS de bajo costo y amplio soporte. El SIM900 soporta comandos AT por Serial UART, mediante el uso de los comandos permite enviar y recibir SMS, realizar llamadas y conectarnos a Internet vía GPRS.

1.4.2.4.2. SIM 808. Es un módem GSM/GPRS/GPS. El SIM808 soporta comandos AT por Serial UART, mediante el uso de los comandos permite enviar y recibir SMS, realizar llamadas, conectarse a Internet vía GPRS y obtener datos de coordenadas, velocidad, altitud, fecha y hora por medio del GPS.

1.4.2.5. Telemetría Vehicular. En la gestión de flotas es indispensable el monitoreo de un vehículo para ubicar el dispositivo y enviar datos básicos, también es útil para planificar rutas o trayectos para un multipropósito, otras de sus características se basan en el mapeo y diagnóstico de posibles mantenimientos para ayudar a la gerencia en servicios de la flota.

1.4.2.6. Seguridad vehicular. La seguridad vehicular es un factor que afecta a personas que disponen de uno o varios vehículos se refiere principalmente en tener un monitoreo de las diferentes variables que implican en el funcionamiento de un vehículo y variables externas por ejemplo datos de la ubicación del vehículo, estos datos serán utilizados para el funcionamiento del botón de pánico.

1.4.2.6.1. Botón de pánico. El botón de pánico es un dispositivo capaz de emitir una alerta silenciosa el cual comunica a la central de seguridad o a las autoridades competentes sobre situaciones irregulares que estén ocurriendo en el vehículo. En algunos sistemas la central cuenta con video y lectura de sensores para verificar lo que está ocurriendo dentro del vehículo.

1.4.2.7. Plataformas de desarrollo.

1.4.2.7.1. Arduino. Arduino son placas de desarrollo para construir dispositivos digitales para detectar y controlar objetos del mundo real, por lo tanto se puede utilizar para diferentes tipos de aplicaciones

1.4.2.7.2. IDE de Arduino. Entorno de desarrollo integrado de Arduino es una aplicación multiplataforma que está escrita en el lenguaje de programación Java.

1.4.2.8. Plataforma web. Una plataforma web se define como un espacio para alojar datos en la nube y ser visualizados desde cualquier dispositivo en una página web ya sea de un computador o de un teléfono con acceso a internet, la plataforma web puede ser desarrollada desde cero o puede ser adquirida por alguna empresa que use este servicio con las funciones que se requieren como Webfleet, Mapon, Kiwigps.

1.4.2.8.1. Ubidots. Ubidots es una plataforma en la nube diseñada para el Internet de las Cosas (IoT), la cual brinda un conjunto completo de herramientas para implementar soluciones IoT de manera eficiente.

1.4.2.8.2. Plataforma de pruebas. Es una plataforma que se desarrolló específicamente para implementar este proyecto el cual permite enviar datos de temperatura, velocidad, nivel de gasolina, botón de pánico entre otras variables tipo on/off para verificar encendido de vehículo y detectar puertas abiertas, también implementa un botón para activar o desactivar un relé que permite el apagado remoto del vehículo.

1.4.3. Marco contextual

Este proyecto se implementa el sistema a vehículos de la empresa Galena que se ubica en la ciudad de Pasto el cual tiene una trayectoria de más de 90 años, dicha empresa en colaboración con este proyecto de grado ha dado permiso para poder desarrollar el sistema en sus instalaciones y hacer uso de las herramientas que tienen disponibles.

1.5 Metodología

1.5.1. Tipo de investigación

Esta investigación se sitúa en el campo no experimental longitudinal. Donde existen tres componentes: Diseños de tendencia, diseños de análisis evolutivo, y diseños a panel. En el momento que se visualiza las variables independientes de manera estricta y rígida para el seguimiento en diferentes momentos, podemos afirmar que nuestra investigación es de diseños a panel porque se aplican en cualquier momento y analizan cuales son los factores que provocan estos cambios.

1.5.2. Línea y sublínea del grupo de investigación

En ingeniería mecatrónica se tiene una línea de investigación en el diseño y desarrollo mecatrónico. En este proyecto se enfoca en el área de automatización y control ya que se va a abordar temas relacionados sobre manipular variables físicas ACT con el fin de hacer un control estadísticos de los vehículos

1.5.3. Hipótesis de la investigación

El sistema de telemetría y generación de alarmas a implementar en los taxis de la empresa Galena va a mejorar la seguridad para los conductores y vehículos en la ciudad de Pasto.

1.5.4. Descripción metodológica

Para alcanzar el desarrollo del proyecto se han definido tres fases que van a permitir planificar desde el inicio hasta el final del proyecto con todos los aspectos que se puedan relacionar en cada fase. A partir de ello se tienen las siguientes actividades.

1.5.4.1. Fase 1 Diagnóstico. En la primera fase del proyecto se realizará el proceso de investigación mediante una visita a la empresa Galena para presentar el anteproyecto y diagnosticar las necesidades que se requieren, para ello se realizarán encuestas al personal laboral principalmente enfocado a la seguridad vehicular.

1.5.4.2. Fase 2 Análisis. En esta fase del proyecto teniendo en cuenta los resultados de la fase anterior se va a analizar e identificar un método seguro para la ubicación del sistema a desarrollar, además de establecer un criterio de selección de los componentes para lograr un adecuado funcionamiento del sistema.

1.5.4.3. Fase 3 Requerimientos. En esta fase se va a identificar los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto:

- Adquirir el módulo electrónico o microcontrolador encargado de leer y obtener datos de sensores que están implementados en los vehículos.

- Adquirir el módulo de transmisión de datos que sea compatible con el microcontrolador que se va a utilizar.
- Adquirir el Módulo GPS que sea compatible con el microcontrolador a utilizar.
- Seleccionar una Plataforma web (demo) pertinente para este proyecto.
- Constantemente tener servicio de redes móviles.

1.5.4.4. Fase 4 Diseño. En esta etapa se va a realizar un prototipo del proyecto, estas son las etapas a seguir para el diseño.

- Etapa de alimentación.
- Etapa de sensado.
- Etapa de acondicionamiento.
- Etapa de procesamiento digital
- Etapa de visualización de datos en plataforma web
- Diseño y manufactura del prototipo.

1.5.4.5. Fase 5 Validación de resultados. En primer lugar, se llevará a cabo la validación por parte de los estudiantes del prototipo mediante la realización de pruebas exhaustivas para evaluar cada una de las funciones integradas en el sistema, por ejemplo ubicando el sistema en diferentes lugares de la ciudad, someter el sensor de temperatura a diferentes temperaturas y así todos los sensores que el sistema tiene. Posteriormente se va a realizar una validación por parte de la empresa de taxis GALENA y asesor verificando si cumple con lo requerido por la empresa y si funciona correctamente, una vez se aprueba esta fase se pasa a la validación externa donde la universidad aprueba el funcionamiento final.

1.5.5. Validez de la investigación

1.5.5.1. Instrumentos de referencia.

1.5.5.1.1. Método a través de la comparación. Para garantizar la validez interna de nuestro dispositivo, es esencial realizar comparaciones con dispositivos ya existentes en el mercado. Además, en el caso de sensores como el de temperatura, se hace necesario contrastar los resultados con un sensor calibrado, como un termómetro, para asegurar mediciones precisas y fiables.

2 Presentación de resultados

2.1 Resultados de acuerdo a los objetivos

2.1.1. Resultado del objetivo 1

En el primer objetivo se hace una investigación por la parte interna de la empresa, por esta razón se formuló 3 encuestas las cuales fueron enfocadas a la población en general, conductores de taxis y al personal administrativo de la empresa, para los cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

Encuestas a personas en general: En esta encuesta se tomó una muestra de 100 personas a las que se les preguntó acerca de la seguridad en los taxis.

Encuestas a taxistas de la empresa Galena: En esta encuesta se tomó una muestra de 80 conductores de la empresa Galena que cuenta con una flota de taxis de 528 vehículos aproximadamente, los temas que se preguntaron fueron de seguridad en vehículos y en general.

Encuestas a personal administrativo: Esta encuesta fue realizada al Gerente de la empresa Galena que ha manifestado interés en el proyecto y nos dio a conocer las necesidades que requiere para mejorar el servicio en los taxis.

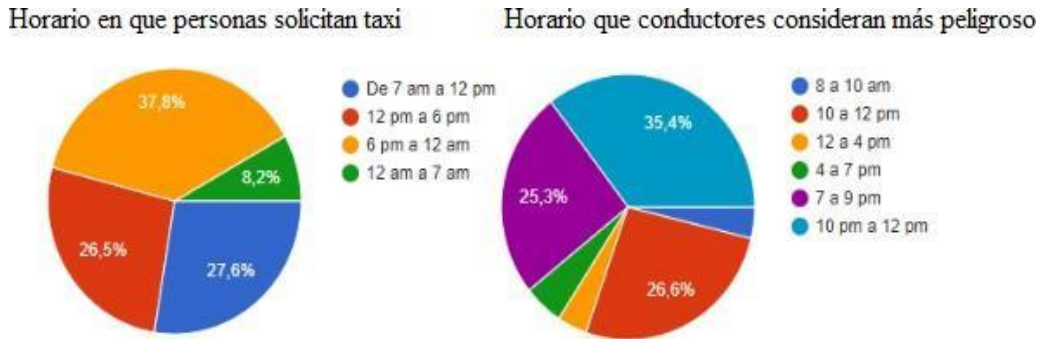
De las tres encuestas se obtuvieron los siguientes resultados.

En la encuesta realizada al Gerente de la empresa, nos comentó que actualmente en los vehículos no se cuenta con un sistema o protocolo de seguridad, por lo tanto, es necesario implementar un sistema que aporte con el mejoramiento de la calidad del servicio y la seguridad de los conductores.

En la encuesta realizada a personas en general y conductores preguntamos acerca del horario, en la primera “¿En qué horario solicita taxi?” y en la segunda “¿En qué horario es más peligroso prestar el servicio de taxi en Pasto?” y se obtuvo la siguiente información.

Figura 4

Encuesta a personas y conductores sobre horario.



De la anterior gráfica se puede deducir que las personas por lo general, el 37.8% piden más taxi en la noche y en consecuencia la mayoría de los taxistas, más del 50% siente inseguridad en ese horario nocturno, esto también justifica la razón de que en la noche muchos taxistas se niegan a hacer carreras en este horario. pero también es donde las personas más solicitan taxi por lo tanto, por una parte las personas hacen más uso del taxi en la noche y por otra parte los taxistas por miedo a su seguridad no prestan el servicio en altas horas de la noche, en conclusión se necesita que los taxistas se sientan más seguros para que de esta forma más personas puedan solicitar taxi en la noche.

También a los conductores se les preguntó si disponían de un medio de comunicación rápido (Sistema de Radio Taxi), y también “En caso de alguna emergencia de robo ¿Cuáles serían las acciones que tomaría en ese momento?” y se obtuvo la siguiente información.

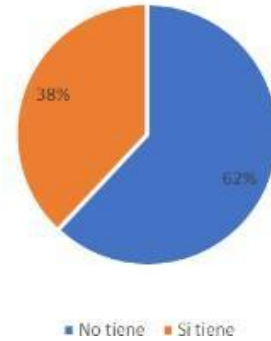
Figura 5

Encuestas sobre medios de comunicación y acciones en caso de una emergencia.

Acciones en caso de una emergencia



Conductores que disponen de RadioTaxi

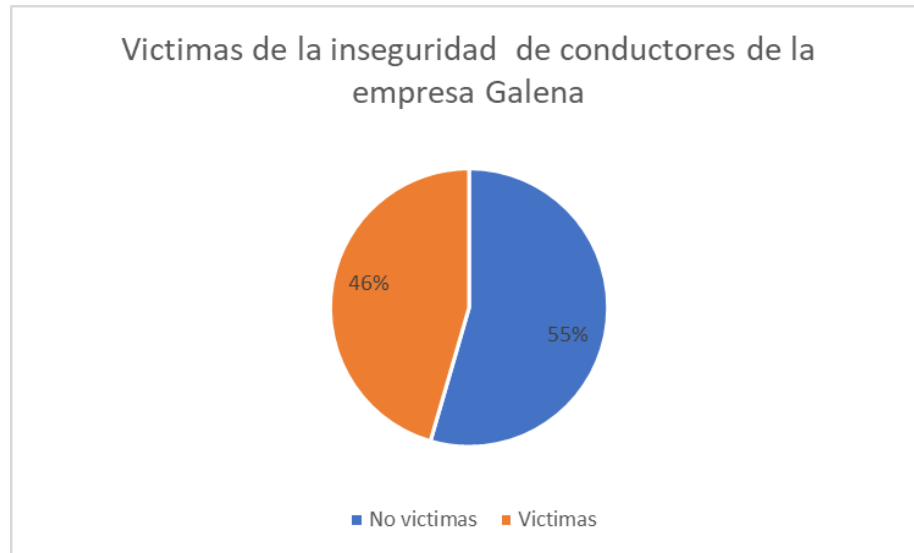


En las gráficas anteriores se puede observar que la mayoría de los conductores, más del 60% no tiene sistema de Radio Taxi y por esta razón son vulnerables ante un intento de robo, además el 40% de los conductores toman la decisión de informar a las autoridades frente a una emergencia pero mencionaron que este método no es efectivo ya que la respuesta no es inmediata, más del 45% usan un medio de comunicación (Radio Taxi o WhatsApp) para informar a otros conductores sobre la situación, estas personas mencionan que es el método más efectivo hasta el momento el problema refiere a que no se puede hacer justicia por mano propia.

También a los conductores se les preguntó si habían sido víctimas de algún intento de robo en su trabajo y se obtuvo la siguiente información.

Figura 6

Encuesta a conductores sobre si han sido víctimas de robo.

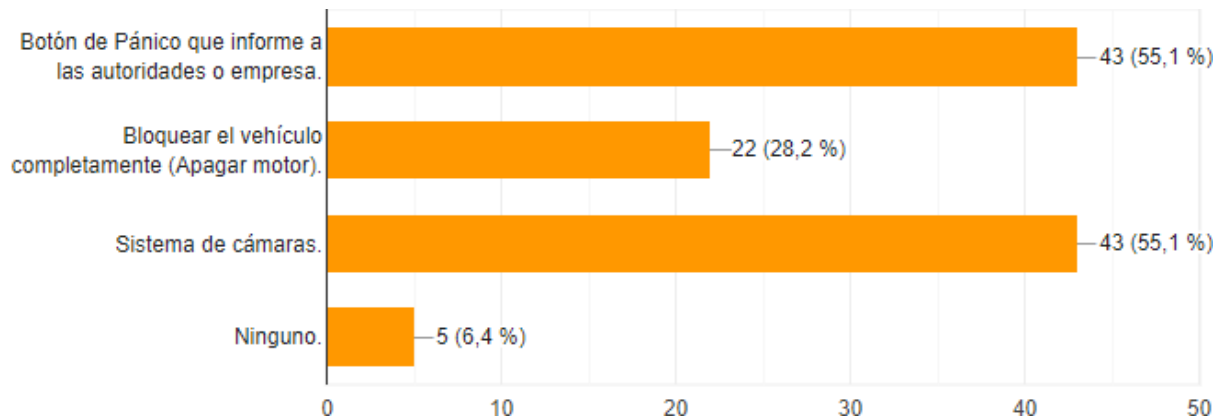


En la gráfica anterior se puede deducir que el 46% de los conductores han sido víctimas de inseguridad y por lo tanto es un porcentaje elevado que nos demuestra que la ciudad es insegura para los conductores, que prestan el servicio en la ciudad de Pasto. En conclusión, es evidente que es necesario implementar un sistema de seguridad en los vehículos.

En la parte de implementación se preguntó a los conductores que tipo de sistema de seguridad creen ellos que es necesario implementar y se obtuvo la siguiente información.

Figura 7

Encuesta sobre sistema de seguridad a implementar.



En el gráfico anterior la mayoría de los conductores en este caso más del 50% consideran que el sistema de botón de pánico y sistema de cámaras son los más adecuados para la seguridad del vehículo, por lo tanto, se puede afirmar que el sistema de seguridad es necesario ser implementado.

Además, se investiga acerca de las posibles variables a monitorear en el vehículo, por esta razón se les preguntó a los conductores “¿Qué funciones considera necesarias monitorear en el vehículo?” y se obtuvo la siguiente información.

Figura 8

Monitoreo de variables en el vehículo.

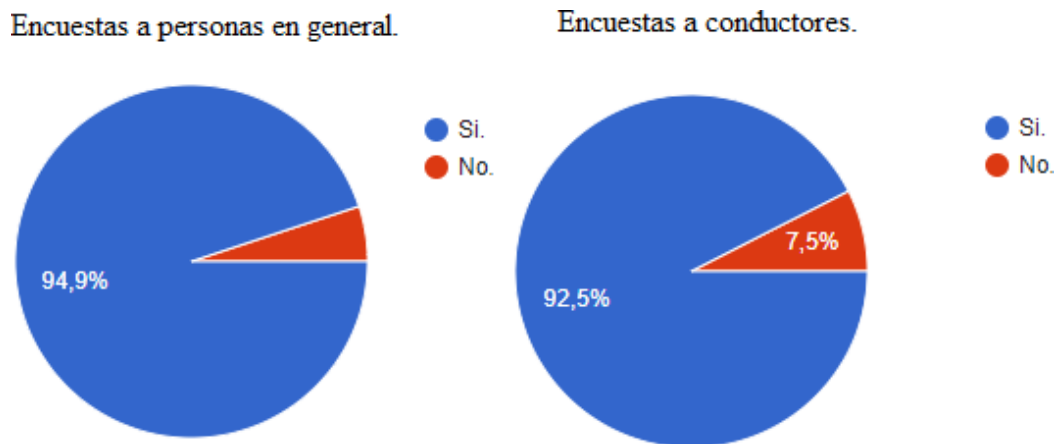


De lo anterior se puede deducir que más del 70% de los conductores de la empresa Galena afirman que es necesario monitorear la temperatura del motor para evitar posibles daños en el vehículo, en cambio más del 40 % afirman monitorear el consumo de combustible y más del 25% los kilómetros recorridos. Por lo tanto, se puede observar que la mayoría de los conductores si consideran necesario monitorear variables del vehículo más en específico la temperatura del motor.

Por último, se preguntó a las personas en general “¿Considera necesario que las empresas de transporte mejoren el sistema de seguridad de sus vehículos?” y a los conductores “¿La implementación de un sistema tecnológico en sus vehículos mejorará la calidad del servicio?” y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 9

Encuesta sobre el mejoramiento del servicio de transporte.



En base a la información anterior más del 90% de las personas y conductores encuestados están de acuerdo con la mejora del sistema de seguridad por parte de las personas en general y en implementar un sistema tecnológico en sus vehículos por parte de los conductores por lo tanto es importante que el proyecto aporte con el mejoramiento de la seguridad en general.

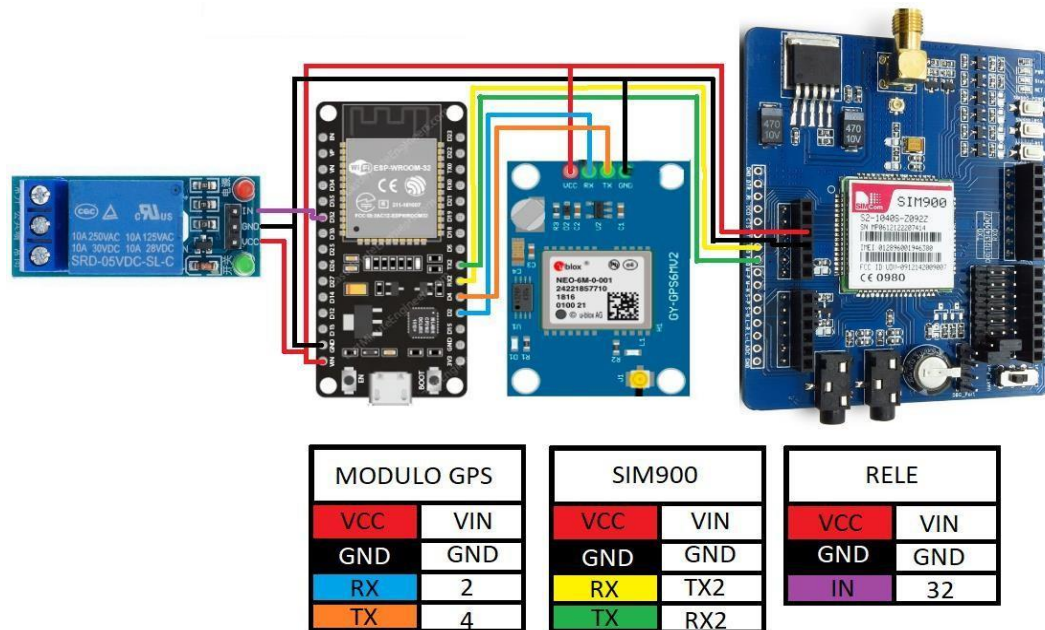
2.1.2. Resultado del objetivo 2

2.1.2.1. Primer prototipo.

El primer prototipo incluye un conjunto de componentes que permiten el funcionamiento básico del sistema. Estos componentes son un módulo de comunicación GSM SIM900 para la conectividad celular, un módulo GPS GEO NEO 8N para la obtención de la ubicación satelital del dispositivo, un módulo ESP32 como unidad de procesamiento y un relé de 5V para el control de dispositivos externos. A continuación, se describe un diagrama de conexiones más detallado y con la información de los pines utilizados para cada módulo.

Figura 10

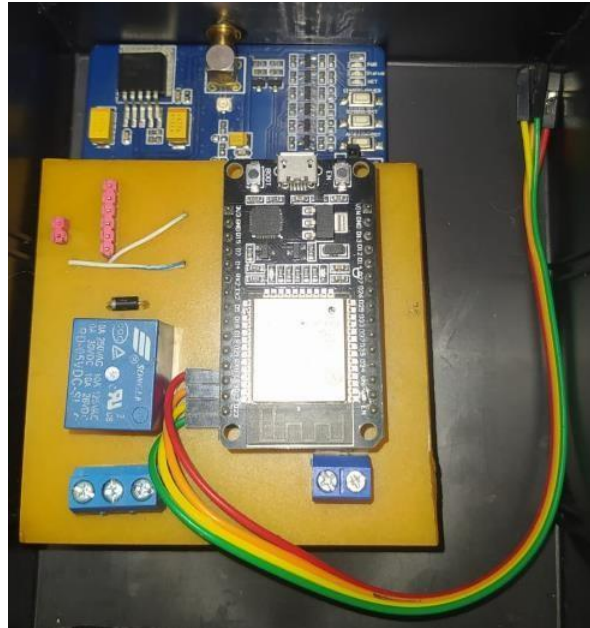
Diagrama de conexiones y descripción de pines.



Posteriormente se llevó a cabo el desarrollo y prueba del primer prototipo, mejorando su funcionamiento mediante la implementación de una *SHIELD* para un ESP-32.

Figura 11

Primer prototipo.

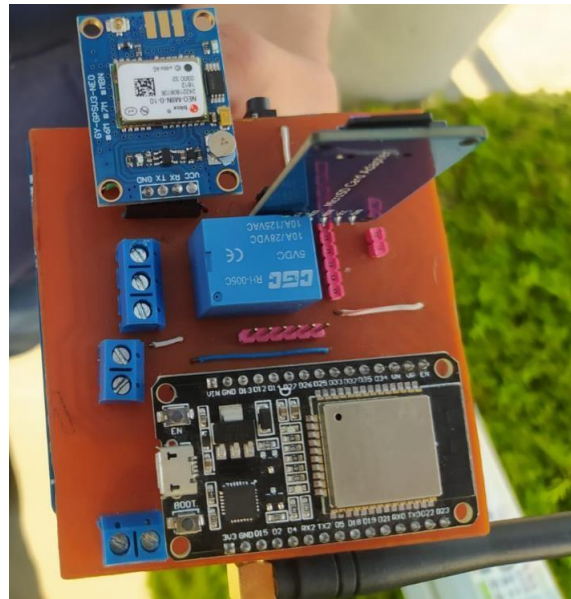


El primer prototipo cuenta con las siguientes funcionalidades: la capacidad de enviar mensajes de texto con los comandos "apagar" y "encender" para activar o desactivar el relé, lo cual permite realizar el apagado remoto del vehículo. Además, el primer prototipo tiene la capacidad de enviar un mensaje de texto con las coordenadas de ubicación del dispositivo, proporcionando así información precisa sobre su localización.

2.1.2.2. Segundo prototipo.

Figura 12

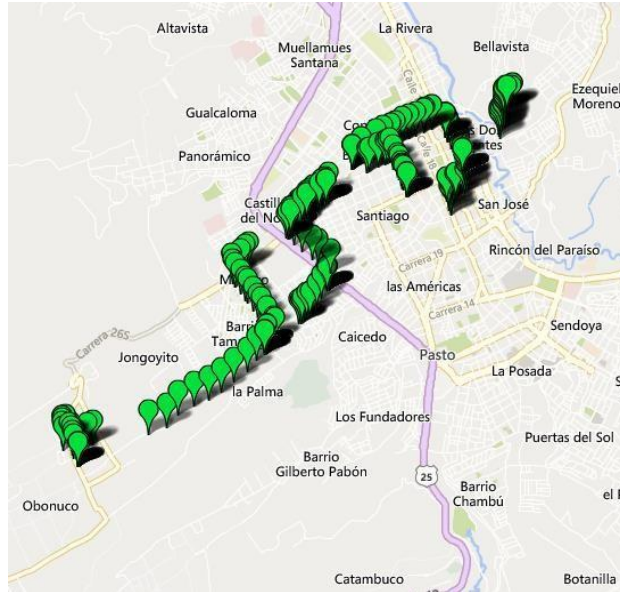
Segundo prototipo.



En el segundo prototipo, se incorpora un módulo de almacenamiento adicional para realizar el primer tramo de recorrido. En este caso, se utiliza una memoria *SD* para guardar los datos de las coordenadas registradas. Estos datos pueden luego ser enviados y visualizados en un mapa de *Excel*, permitiendo un análisis más detallado y facilitando el seguimiento de la ubicación del dispositivo.

Figura 13

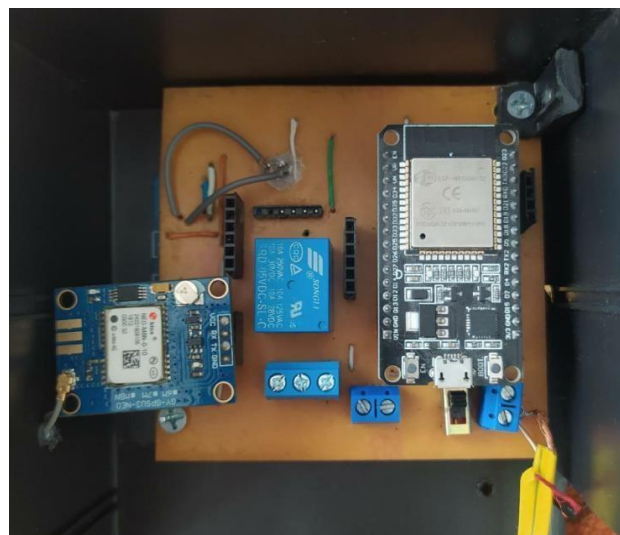
Primera prueba de recorrido.



2.1.2.3. Tercer prototipo.

Figura 14

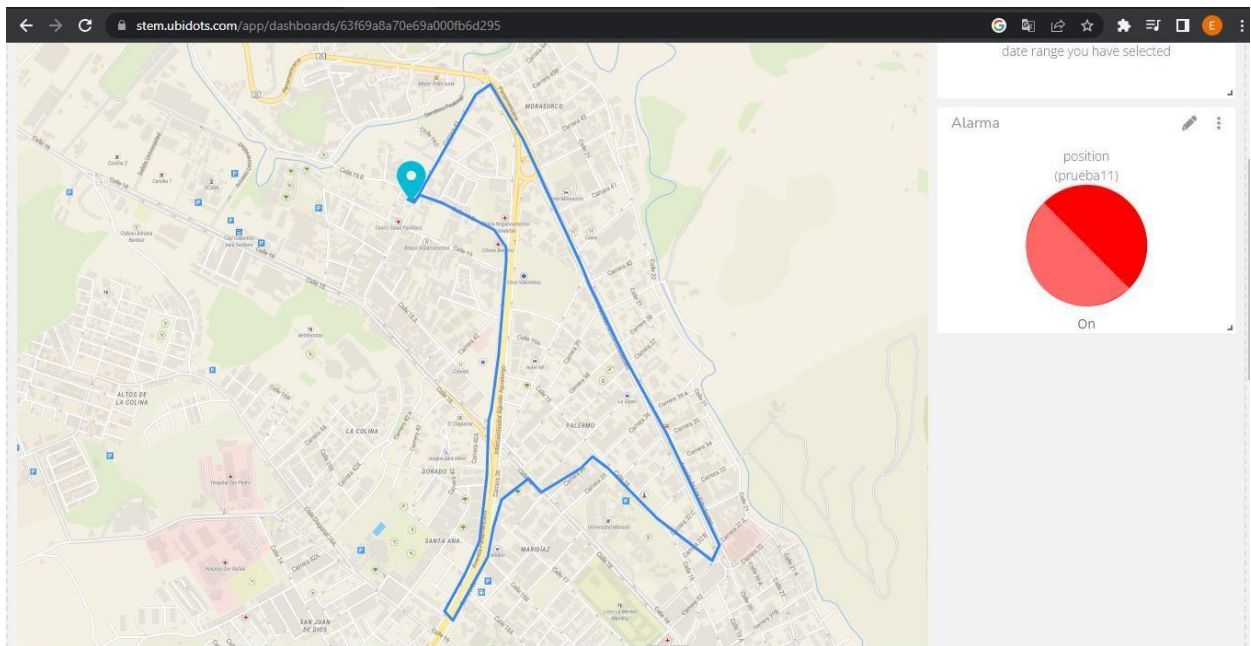
Tercer prototipo.



En el tercer prototipo, se incorpora comunicación *GSM* por medio del módulo *SIM900* el cual envía coordenadas del *GPS* por primera vez a la plataforma de *UBIDOTS* también se implementa el botón de pánico para dar alarma y ser visualizado desde la plataforma. Además, se realizó la primera prueba en la plataforma *UBIDOTS* a través de un recorrido el cual se puede visualizar en la siguiente imagen.

Figura 15

Segundo recorrido monitoreado en la plataforma de Ubidots.

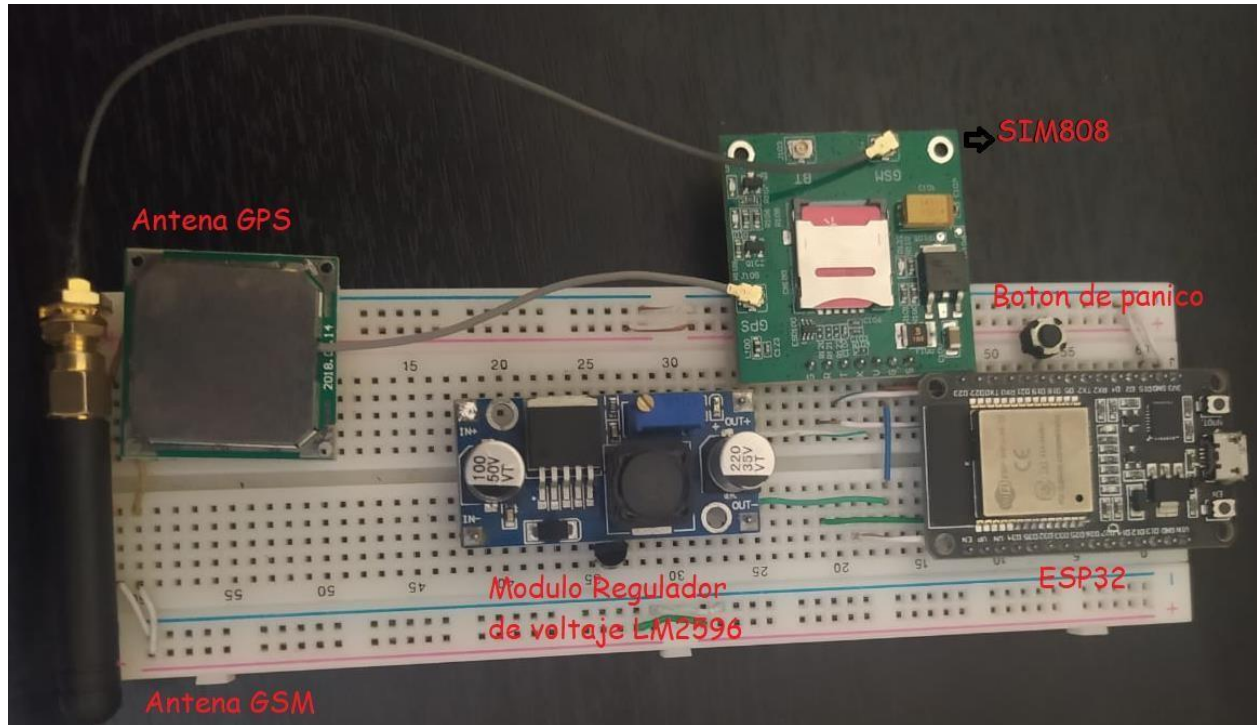


2.1.2.4. Cuarto prototipo.

El Cuarto prototipo se centra en lograr una mayor portabilidad y reducir el tamaño del dispositivo. Para ello, se decidió probar el uso de un módulo de comunicación y ubicación diferente, en este caso, el *SIM808*. Este módulo integra tanto la tecnología *GSM*, *GPRS* como *GPS*, lo que permite reducir el tamaño del prototipo. Cabe mencionar que se requiere una alimentación de *9V*, el cual es necesario incorporar un módulo regulador de voltaje *LM2596*. Durante las pruebas, se utilizó una batería de *12V*.

Figura 16

Cuarto prototipo en protoboard.

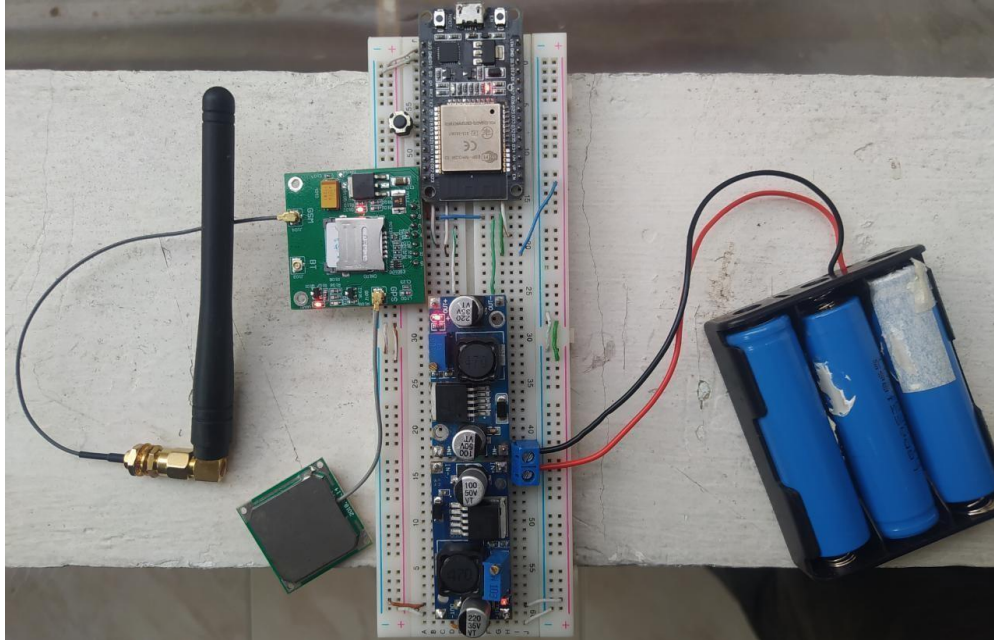


Para garantizar un suministro de energía adecuado para ambos componentes, el *SIM808* y el *ESP32*, que requieren diferentes niveles de voltaje, dado que el *SIM808* necesita una alimentación de $9V$ y el *ESP32* funciona con $5V$, se ha optado por utilizar tres baterías 18650 de $3.7V$ cada una. Al conectarlas en serie, se obtiene una carga máxima de $12.6V$. Esta configuración permite alimentar simultáneamente ambos componentes.

Para ajustar el voltaje a los niveles requeridos, se emplean dos reguladores. Uno de ellos se encarga de alimentar el *SIM808* y regula el voltaje de $12V$ a $9V$. El segundo regulador se encarga de alimentar el *ESP32* y ajusta el voltaje de $12V$ a $5V$, proporcionando así el voltaje adecuado para su correcto funcionamiento.

Figura 17

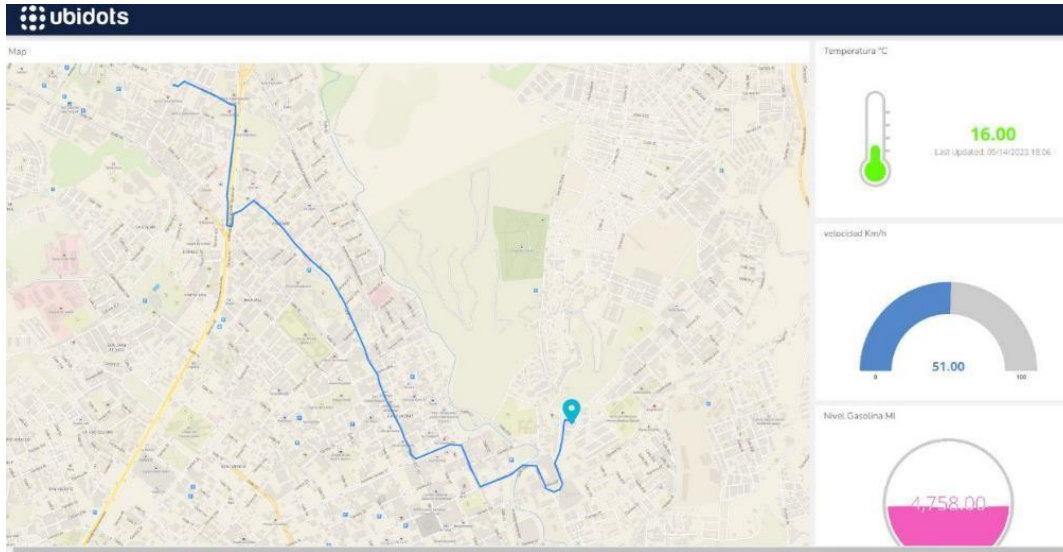
Cuarto prototipo en protoboard alimentado por baterías 18650.



Para realizar las pruebas en este prototipo se realizó un recorrido para probar la conectividad del *GPS* además de monitorear otras variables como la temperatura y el sensor de nivel de gasolina desde la plataforma *Ubidots*.

Figura 18

Tercer recorrido monitoreado en la plataforma de Ubidots.



2.1.2.5. Sensor de Gasolina.

Con respecto al sensor de nivel de gasolina se utiliza un potenciómetro para simularlo ya que en los vehículos generalmente se utiliza un medidor de gasolina tipo flotador.

Figura 19

Sensor de Gasolina tipo flotador.



El flotador se mueve hacia arriba o hacia abajo según el nivel del líquido. Cuando el nivel alcanza cierta altura, se activa un interruptor que envía una señal eléctrica al sistema de control del vehículo. Esto permite al conductor conocer el nivel de líquido presente en el tanque.

Para realizar la lectura del *ADC* del potenciómetro, se empleó un divisor de voltaje con el fin de reducir los niveles de voltaje de 5V a 3.3V para que puedan ser leídos por el *ESP32*. El cálculo de las resistencias para el divisor de voltaje se llevó a cabo de la siguiente manera:

$$V_o = V_i * (R_2 / (R_1 + R_2))$$

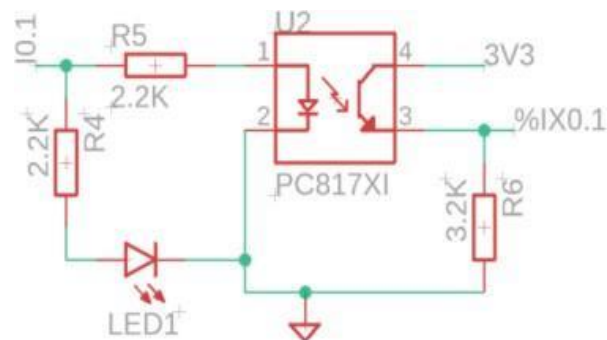
$$V_o = 5V * (20.000\Omega / (10.000\Omega + 20.000\Omega)) = 3.34V$$

2.1.2.6. Encendido del vehículo.

Como el sistema va a estar alimentado por la misma batería del vehículo, es necesario acoplar el circuito para aislar las dos partes: el vehículo y el *ESP32*. Para lograr esta separación, se requiere el uso de un opto acoplador que permita aislar el voltaje de entrada del voltaje de salida. De esta forma, es posible detectar el arranque del vehículo. Por esta razón, se ha implementado el siguiente esquema:

Figura 20

Circuito conversión de 12V a 3.3V.



2.1.2.7. Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura que se eligió es un *MAX6675* con termopar K el cual entre sus principales características se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5

Características principales MAX6675 Termopar K

Voltaje de Operación	5V
Corriente de trabajo	50mA
Rango de Temperaturas	Termocupla K: -200 °C hasta 1300 °C
Resolución Transmisor Max6675	12 Bits (0°C - 1023°C)
Resolución de temperatura	0.25°C
Modo de Salida	SPI

Figura 21

Sensor de temperatura MAX6675



En el prototipo se incluyeron dos circuitos: uno para aislar el voltaje, detectar el arranque, puertas abiertas y otro para reducir los niveles de voltaje en el caso del sensor de nivel de gasolina quedando de la siguiente manera:

Figura 22

Circuito en protoboard para detectar el arranque, la desconexión de la batería, y sensor de gasolina.

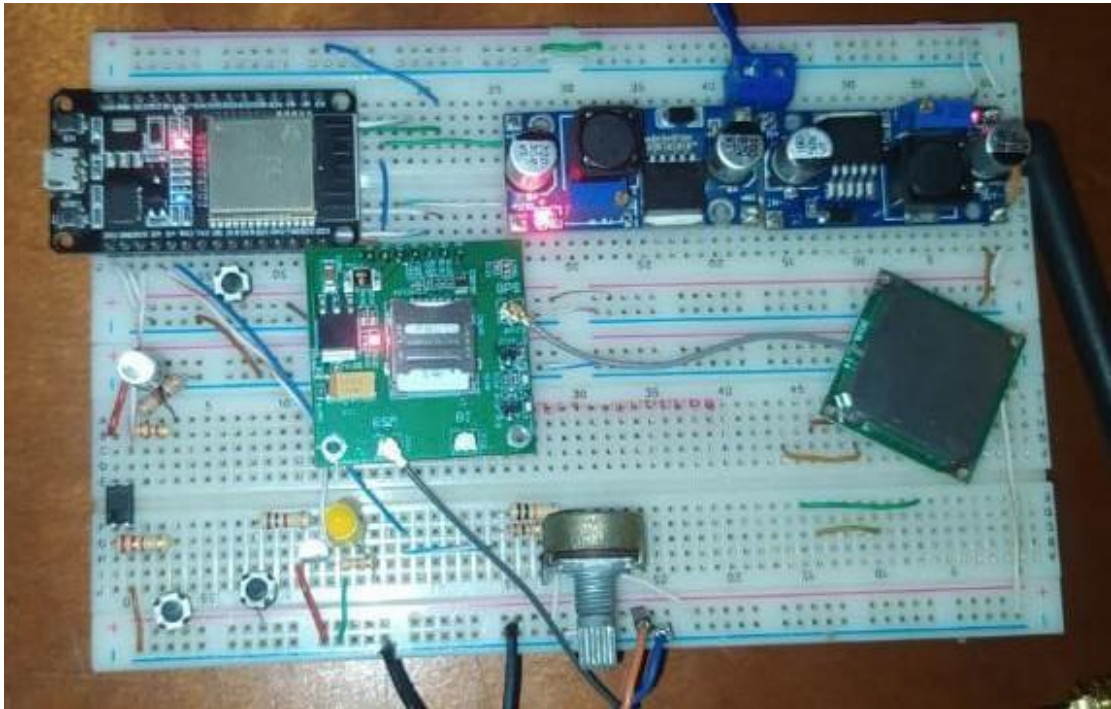
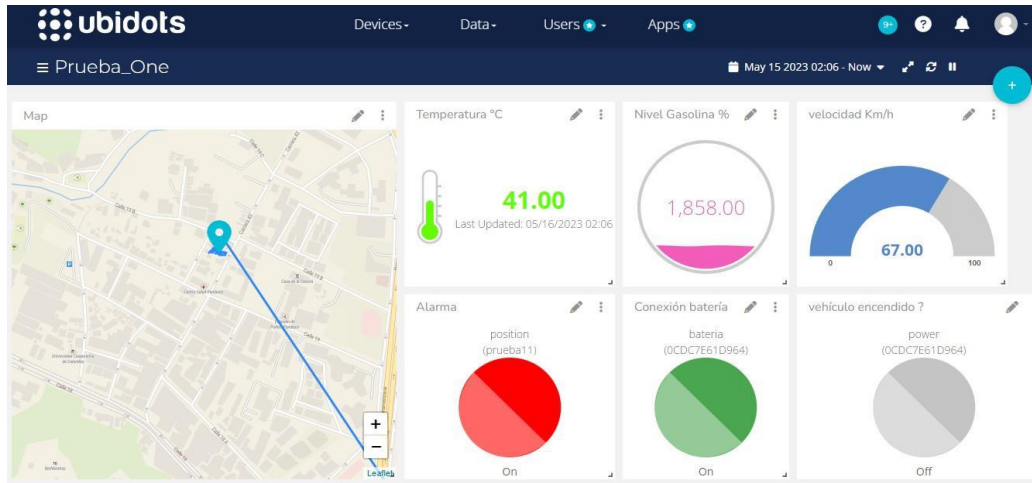


Figura 23

Monitoreo en la plataforma Ubidots.



2.1.2.8. Quinto prototipo

Se desarrolló un *PCB* para el quinto prototipo en el software *PROTEUS*.

Figura 24

Desarrollo de *PCB* en *PROTEUS*.

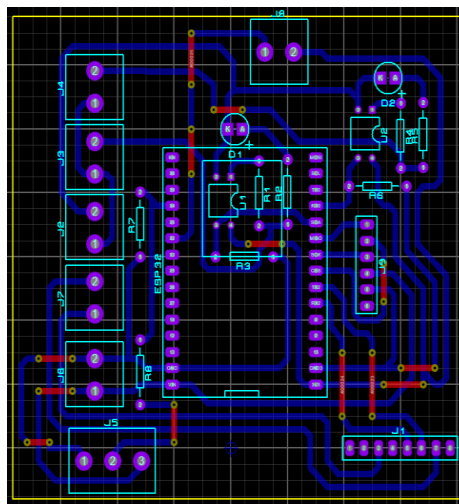
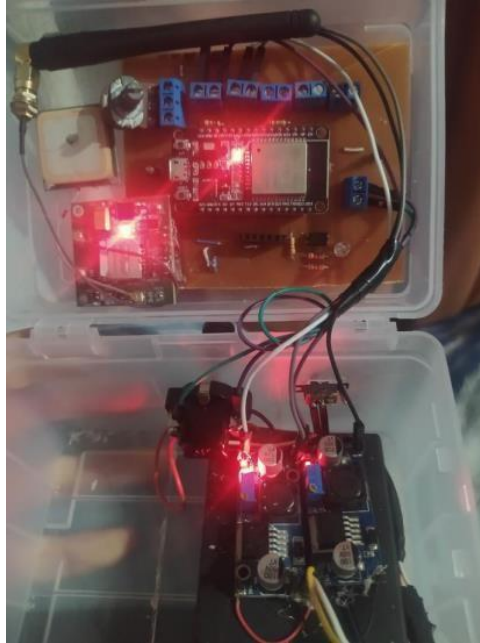


Figura 25

Quinto prototipo.



2.1.2.9. Implementación detección de encendido.

La incorporación del interruptor de encendido (comúnmente conocido como *SWITCH*) desempeña un papel crucial en el proceso de arranque del vehículo. No solo inicia el motor, sino que también activa el sistema en su totalidad. En consecuencia, se realizó una prueba y se revisó la documentación, específicamente el diagrama de conexiones

Tabla 6

Documentación SWITCH.

Verificación del switch principal	Indicaciones															
-Desconecte la terminal del switch principal. -Conecte el multímetro en las terminales del switch.	Si la lectura no es correcta reemplace el switch principal.															
Switch en posición ON continuidad entre rojo y negro. Switch en posición OFF continuidad entre el cable negro y verde.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>R</th> <th>B</th> <th>G</th> <th>B/W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OFF</td> <td></td> <td></td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>ON</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		R	B	G	B/W	OFF			●	●	ON	●	●		
	R	B	G	B/W												
OFF			●	●												
ON	●	●														
Encendido	Apagado															
Terminal (+) del multímetro Cable rojo del switch. Terminal (-) del multímetro cable negro del switch.	Terminal (+) del multímetro cable negro/blanco del switch. Terminal (-) del multímetro Cable verde del switch.															

Fuente: Tomado de Luis Parra, 2012 www.es.scribd.com

Los cables rojo y negro se conectaron al sistema en la terminal *J2*, la cual corresponde a la batería de 12V, el rojo en 1 que es positivo y el 2 en negativo, y el terminal *J3* son los cables del interruptor o llave.

Figura 26

Terminal J2 y J3.

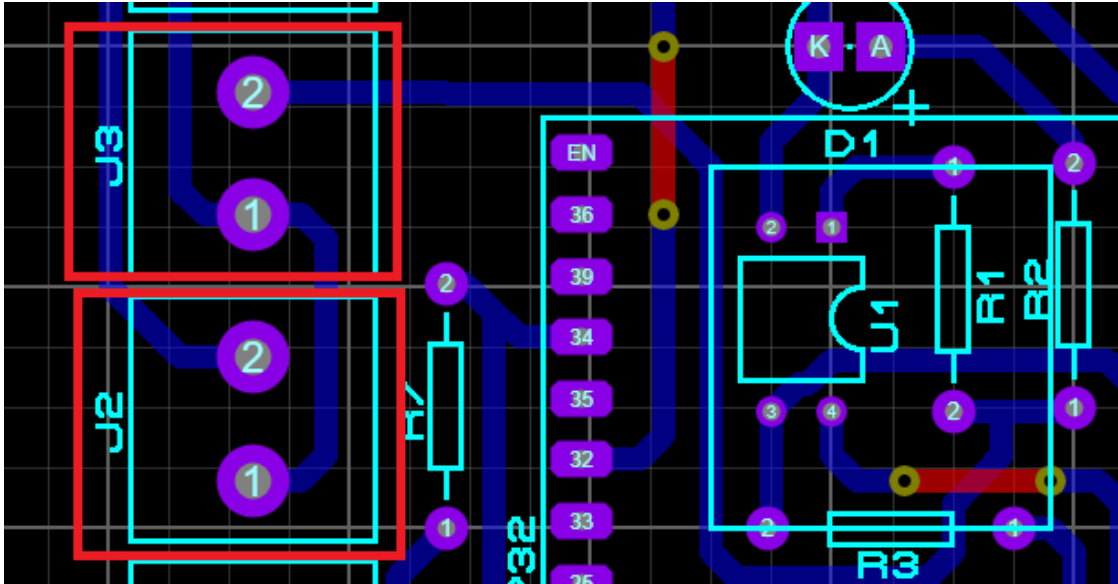
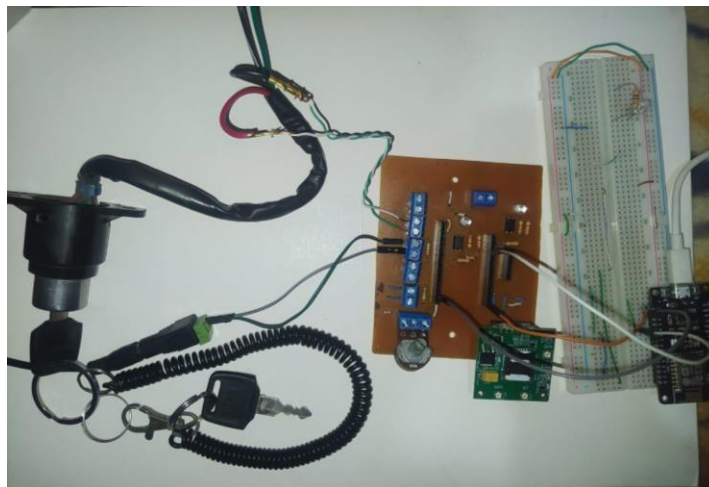


Figura 27

Conexiones físicas de 12V y switch (Sistema apagado).



En la plataforma Ubidots se observan 2 estados encendido/apagado.

Figura 28

Detección de apagado del switch.

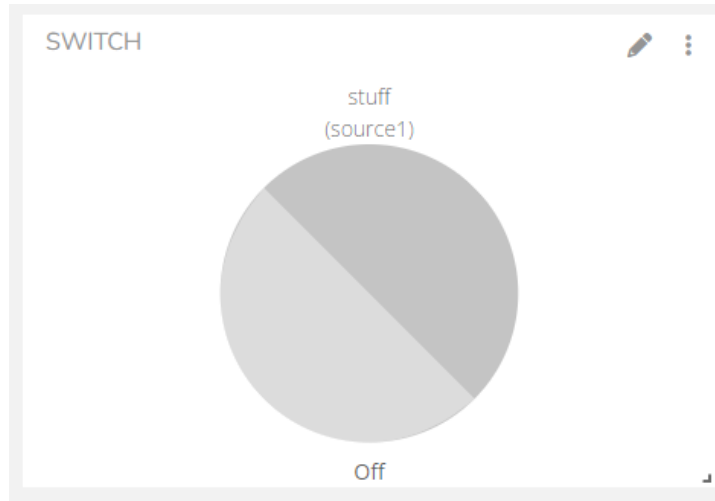


Figura 29

Conexiones físicas de 12V y switch (Sistema encendido).

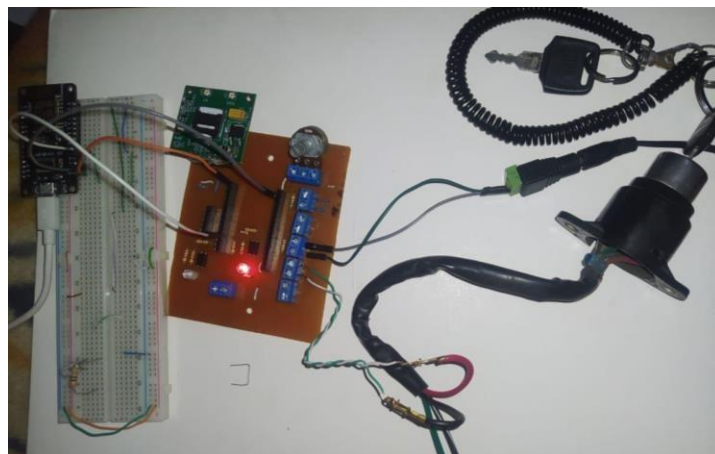
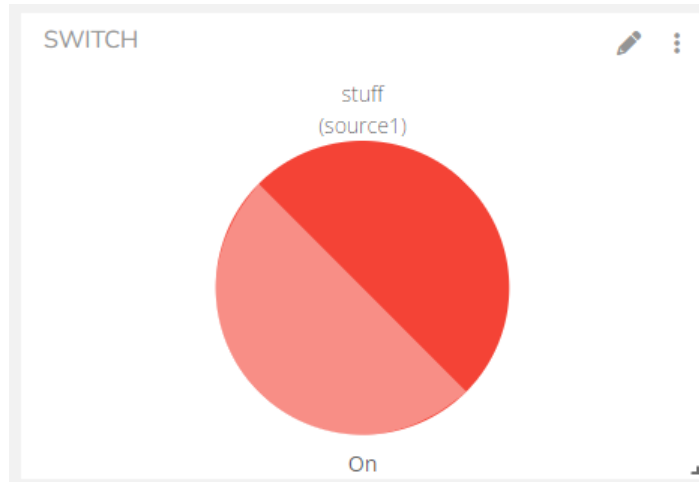


Figura 30

Detección de encendido del switch.

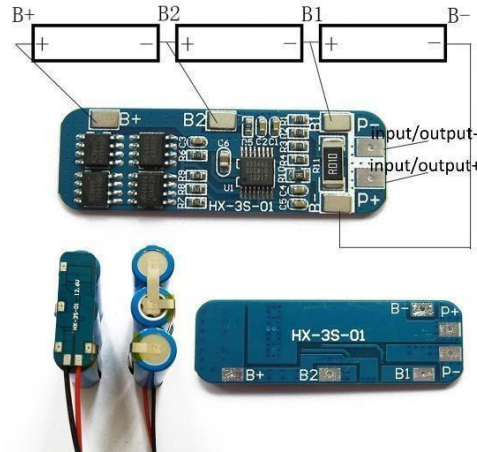


2.1.2.10. Fuente de alimentación. Para la fuente de alimentación es importante que el sistema cuente con dos baterías: una batería principal, que es la del vehículo, y una batería auxiliar que puede ser utilizada cuando el sistema es desconectado de la batería principal. La batería principal se encargará de recargar la batería auxiliar, y además, es esencial contar con medidas de protección para evitar sobrecargas y descargas excesivas en la batería externa que está conformada por 3 baterías 18650 en serie sumando un voltaje de $12V$. Por lo tanto, se usó un *BMS*.

2.1.2.11. BMS. *Battery Management System* (Sistema de Gestión de Baterías) con una capacidad de corriente de 10 amperios, su función se basa en supervisar el estado de las baterías, controlar la carga y descarga de manera segura.

Figura 31

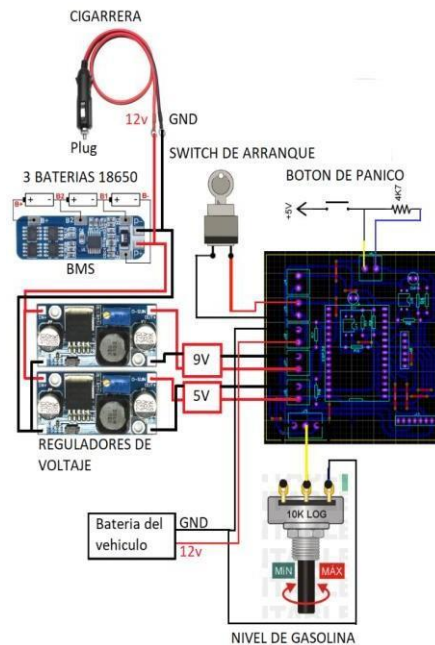
Diagrama de conexión del BMS.



En este caso se usa para cargar las baterías del sistema con la salida de voltaje proporcionada por la batería del vehículo. A continuación, se muestra el diagrama de conexiones del sistema completo.

Figura 32

Diagrama de conexiones del sistema completo.



2.1.2.12. Diseño de caja. Se realizó el diseño de la caja en el software *SOLIDWORKS 2016* para reducir el tamaño del dispositivo, en su interior están incluidos componentes como: *SHIELD ESP32*, *SIM808*, 3 baterías 18650, 2 reguladores de voltaje *LM2596* y un sensor de temperatura *MAX6675*. Las medidas de la caja son: ancho 96.91 mm, alto 130.35 mm, y profundidad 47 mm.

Figura 33

Diseño de caja.

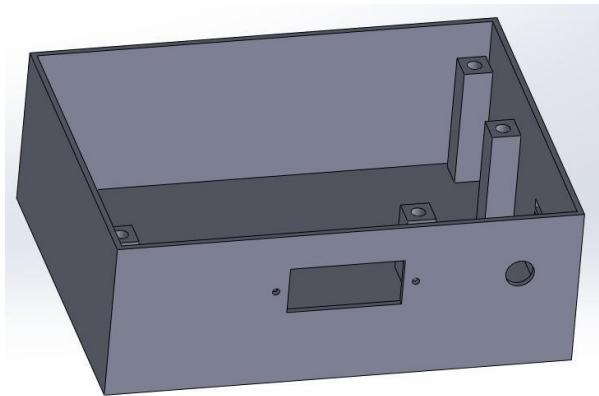


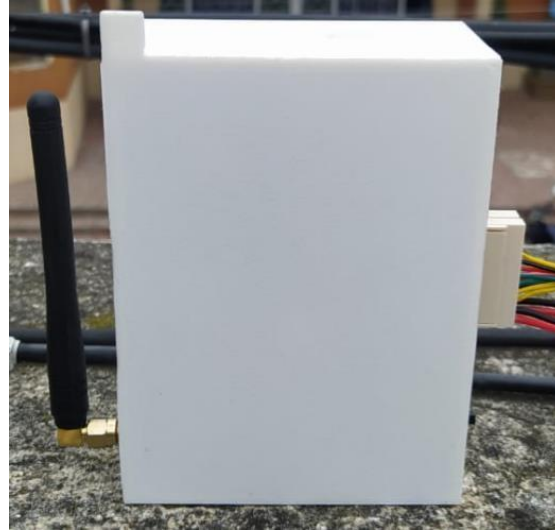
Figura 34

Caja en impresión en 3D.



Figura 35

Dispositivo Final.



Para identificar las conexiones entre los componentes, se utilizaron 2 conectores Molex de 12 pines, con la siguiente descripción.

Figura 36

Descripción de pines del dispositivo.

12V		GND		BOTON PANICO		SWITCH DOOR		GND_R		S_R		VCC_R	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
5V_T		GND_T		5VADC		GND							
TEMPERATURA				GASOLINA									

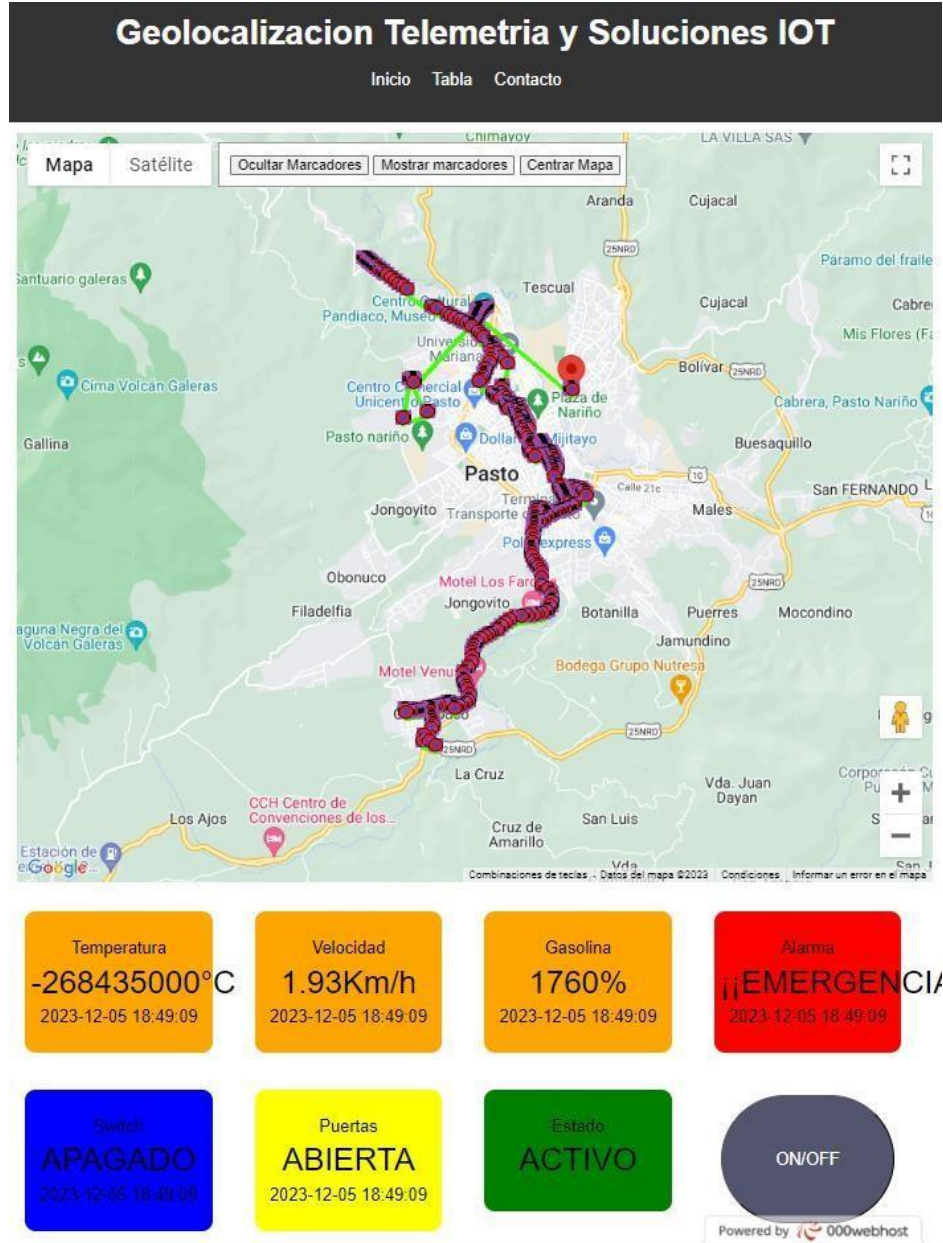
2.1.2.13. Diseño de Plataforma de Pruebas. La plataforma de pruebas se desarrolló empleando dos herramientas muy conocidas como *XAMPP* y la *API* de *Google Maps*, *XAMPP* integra el sistema de gestión de bases de datos *MySQL* para almacenar de manera eficiente los datos recibidos de los sensores y las coordenadas del *GPS*. La programación dinámica y la gestión de servidor se llevan a cabo mediante *PHP*, permitiendo una interacción fluida y segura entre el usuario y la base de datos. La *API* de *Google Maps*, brinda una interfaz visual intuitiva para la geolocalización de datos. La combinación de estas tecnologías ofrece una solución integral para la visualización y el análisis de variables geoespaciales, proporcionando una experiencia robusta y efectiva para el monitoreo de datos.

Se usa *HTML* para realizar la interfaz gráfica el cual el usuario va a interactuar, el resultado final de la plataforma se puede visualizar en la siguiente imagen

Finalmente se utiliza el servidor gratuito de www.000webhost.com para subir todo el proyecto y así poder acceder desde cualquier dispositivo con acceso a internet

Figura 37

Plataforma de pruebas.



2.1.3. Resultado del objetivo 3

En el tercer objetivo se realizaron las pruebas de recorrido en comparación con un *GPS* comercial de la marca *SKYPATROL*.

El modelo corresponde a la unidad *TT8750N+* que es un dispositivo *GPS* basado en tecnología celular *GSM/GPRS* para proveer comunicación de doble vía con cualquier servidor o plataforma *AVL*, en este caso *PLASPY* de tal forma que se puede obtener la ubicación de un vehículo de manera oportuna, en tiempo real, y de forma precisa.

2.1.3.1. Primera prueba. En la primera prueba de recorrido se colocaron los dos dispositivos en un vehículo de la empresa *GALENA* obteniendo el siguiente resultado.

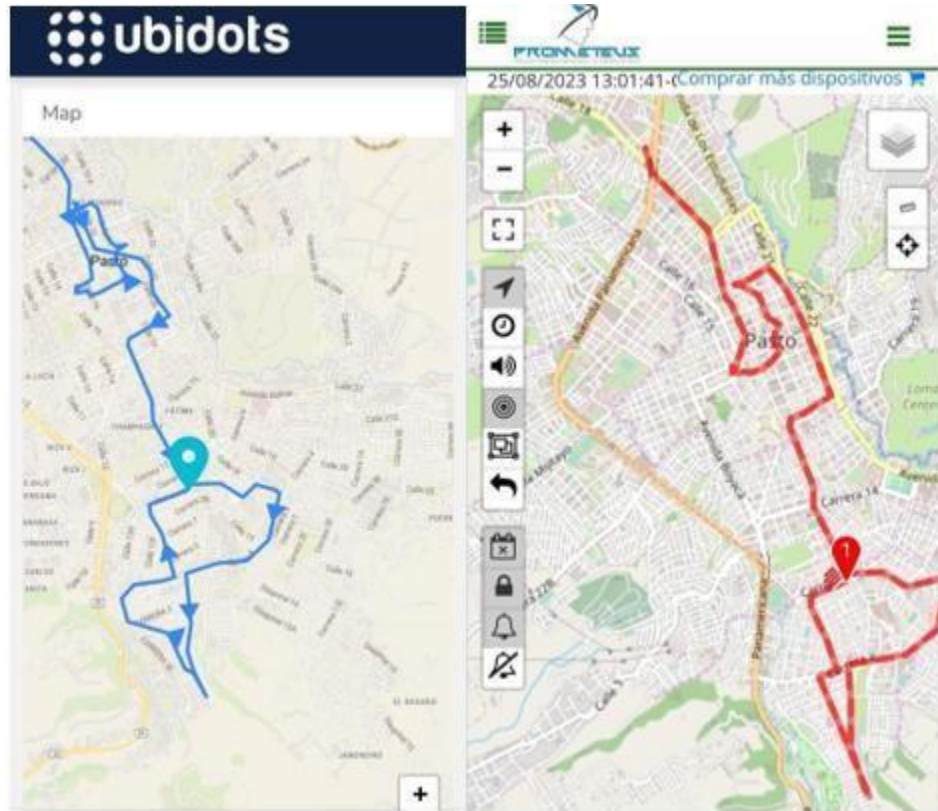
Figura 38

Batería extra para GPS SKYPATROL.



Figura 39

Prueba de recorrido comparado con el GPS comercial.



Como observación se tiene en cuenta la duración de las baterías del dispositivo que está entre 4 y 5 horas aproximadamente dependiendo de si están cargadas completamente.

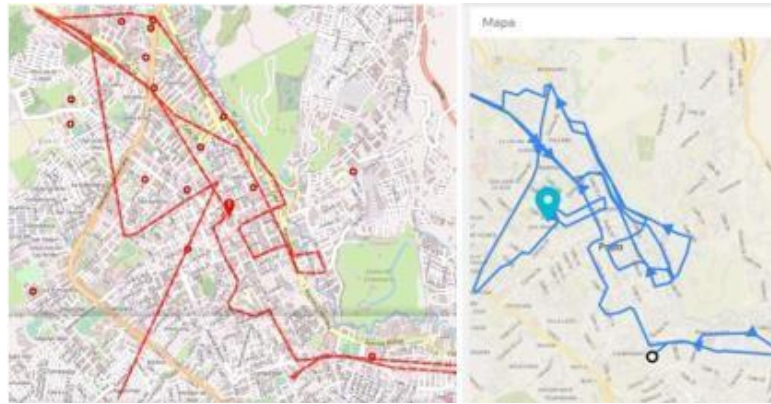
Además, la cuota de datos en la plataforma *Ubidots* es de 4000 datos al día, por lo tanto, una vez excedido ese límite el dispositivo deja de publicar los datos en la plataforma.

Las variables que medimos en este recorrido son: ubicación, botón de pánico, nivel de gasolina, temperatura del motor, velocidad y encendido/apagado del vehículo.

2.1.3.2. Segunda prueba. En la segunda prueba se realizó un recorrido más extenso aprovechando toda la capacidad de envío de datos a la plataforma de *Ubidots* mientras el vehículo estaba en movimiento obteniendo como resultado el siguiente recorrido.

Figura 40

Segunda prueba de recorrido.

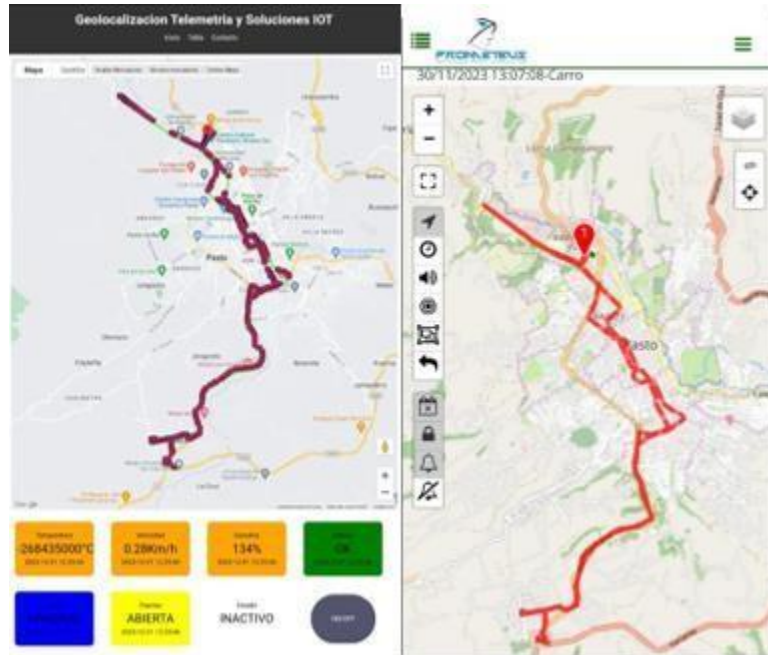


2.1.3.3. Plataforma de prueba. Con el fin de sobrepasar la cuota de datos máxima de *Ubidots*, establecida en 4000 datos, usamos la plataforma de pruebas. Esto permitirá realizar seguimientos durante períodos más extensos sin el problema de restricciones de almacenamiento.

La plataforma monitorea la ubicación a través de recorridos, además de las variables de nivel de gasolina, velocidad, temperatura, botón de pánico, apagado remoto y encendido/apagado del vehículo. En las primeras pruebas se realizó el siguiente recorrido.

Figura 41

Primera prueba de recorrido con plataforma de prueba.



De igual forma se usó el *SKYPATROL* para realizar la comparación de datos más en detalle y verificar la eficiencia del servidor que se está usando con la plataforma de pruebas.

2.2 Análisis e interpretación de resultados

Tomando en cuenta el último recorrido realizado con la plataforma de prueba, se detallan partes del recorrido para observar los puntos de ubicación con mayor precisión.

Observamos por ejemplo el recorrido del *GPS SKYPATROL* con un tiempo de envío cada 30 segundos en 15 minutos, haciendo un total de 30 datos enviados. En cambio, nuestro sistema con un tiempo de envío cada 15 segundos en 15 minutos, haciendo un total de 60 datos enviados.

Figura 42

Primera parte del recorrido con el GPS SKYPATROL.

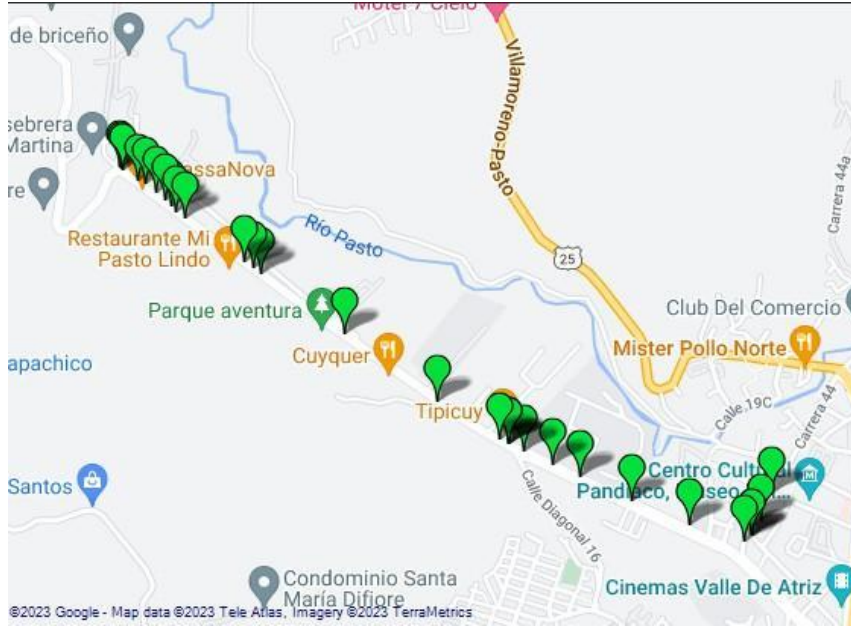
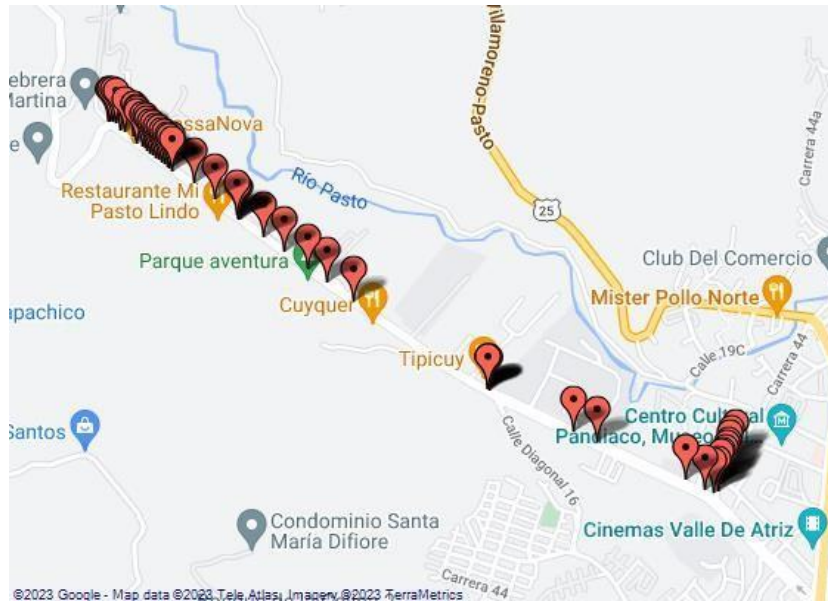


Figura 43

Primera parte del recorrido con el GPS SIM808.



En otra parte del recorrido el tiempo de envío del *GPS SKYPATROL* se mantiene constante. En cambio, el sistema desarrollado con un tiempo de envío cada 10 segundos en 15 minutos, haciendo un total de 100 datos enviados.

Figura 44

Segunda parte del recorrido con el GPS SKYPATROL.

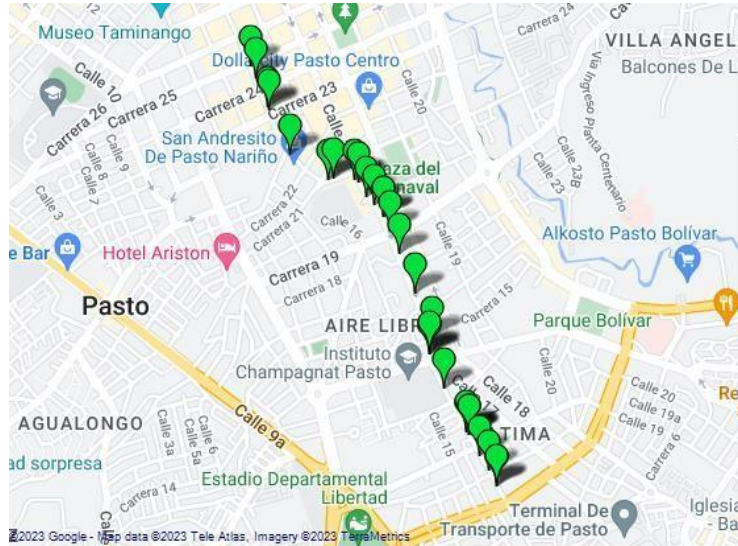
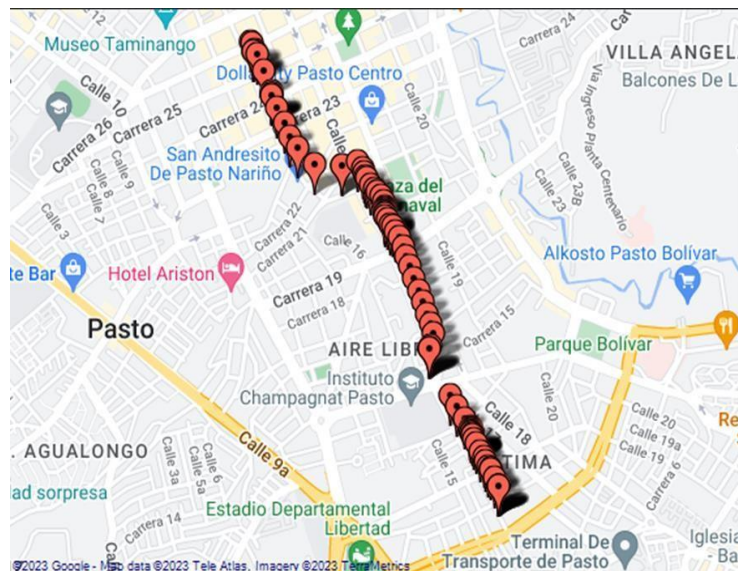


Figura 45

Segunda parte del recorrido con el GPS SIM808.

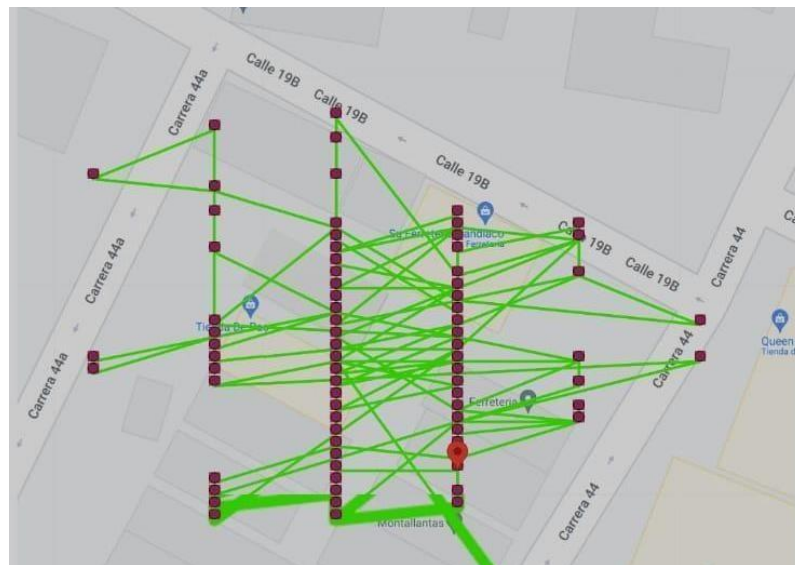


2.2.1. Margen de error del GPS SIM808.

Para determinar el margen de error del *GPS del SIM808* es necesario mantener el dispositivo en un punto fijo para ver cuantos metros se desplazan los puntos de ubicación dando como resultado aproximadamente 5 a 10 metros de distancia a la redonda.

Figura 46

Margen de error en la localización con GPS SIM808.

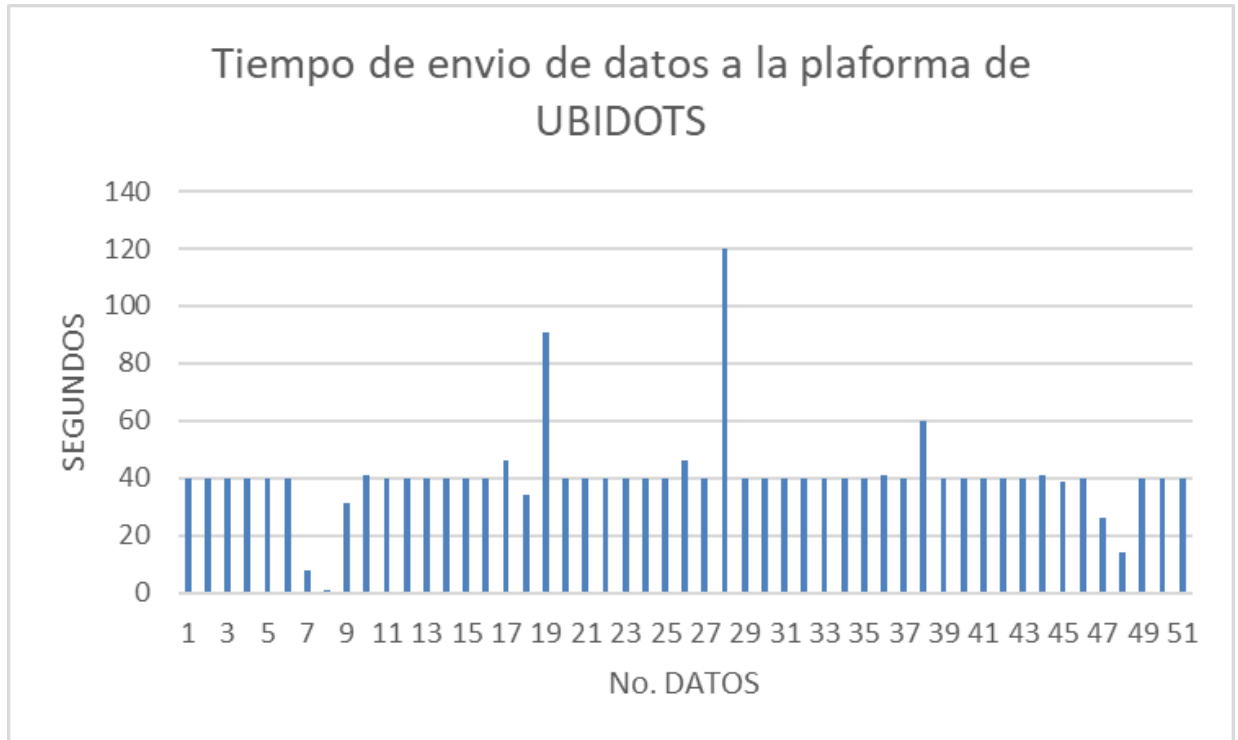


2.2.2. Margen de error en el tiempo de envío de datos en la plataforma de Ubidots

Se tomó una muestra de 51 datos enviados cada 40 segundos a la plataforma de *UBIDOTS* y también se realizó pruebas de botón de pánico el cual se puede observar en la siguiente gráfica los resultados obtenidos.

Figura 47

Margen de error en el envío de datos en la plataforma de UBIDOTS.



Se puede observar en la gráfica anterior que, la mayoría de datos respeta el tiempo en el que se debería enviar cada 40 segundos, pero existen retrasos por ejemplo el retraso más significativo está entre el dato 27 y 29 con 120 segundos que tardó en enviar lo que quiere decir que se tuvo un retraso de 80 segundos, en el dato 19 también se puede evidenciar un retraso de 50 segundos aproximadamente y así se puede observar más datos que tienen retraso, pero algo importante que se puede mencionar es que de 51 datos enviados 5 datos tuvieron retraso y los demás se enviaron a tiempo.

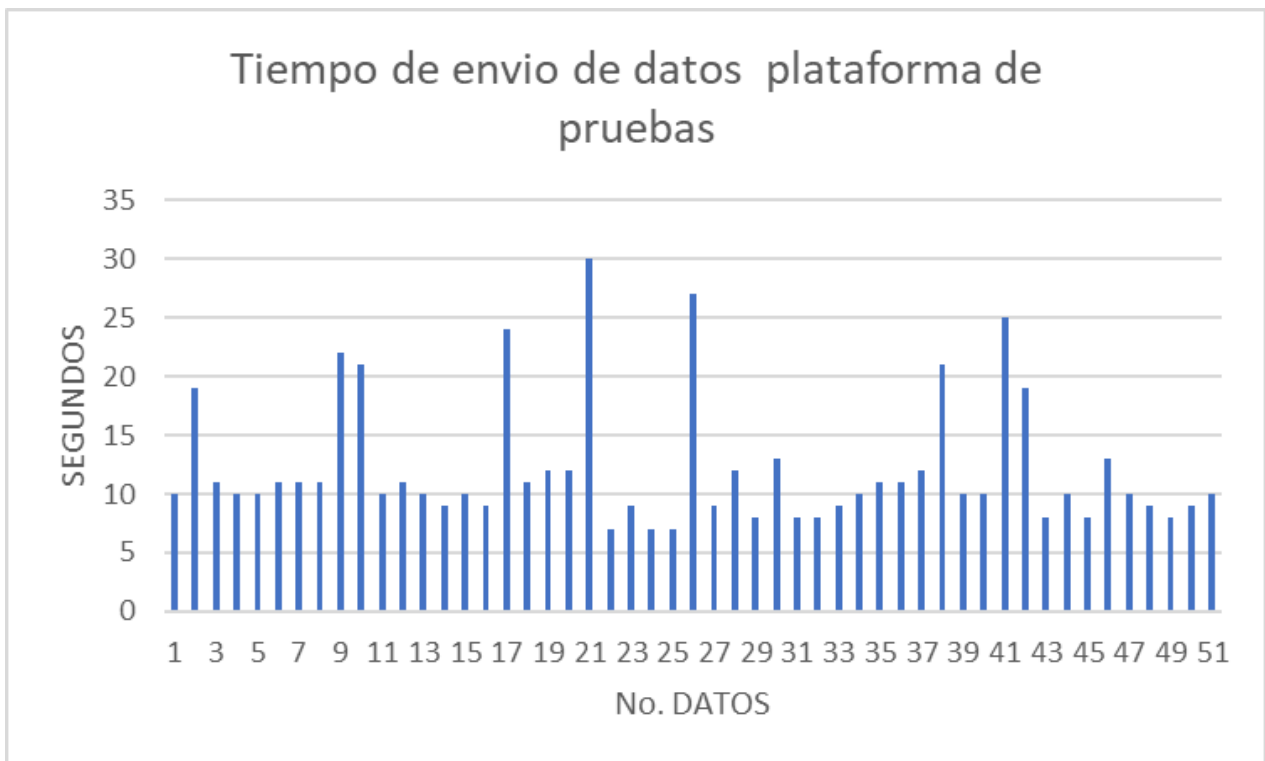
De igual forma al accionar el botón de pánico, se puede evidenciar el envío del dato inmediatamente por ejemplo en el dato 8 el envío tardó menos de 5 segundos aproximadamente y en el dato 48 el envío tardó menos de 10 segundos aproximadamente.

2.2.3. Margen de error en el tiempo de envío de datos en la plataforma de pruebas

Se tomó una muestra de 51 datos enviados cada 10 segundos a la plataforma de prueba, la cual se puede observar en la siguiente gráfica.

Figura 48

Margen de error en el tiempo de envío en la plataforma de prueba.



De acuerdo con la gráfica, se observa que el dato que tomó más tiempo en ser enviado es de 30 segundos a diferencia de la plataforma de *Ubidots* no existen retardos con más de 30 segundos, pero si se puede observar que 11 datos tardaron más de 10 segundos en ser enviados lo que quiere decir que 40 datos respetaron el tiempo de envío incluso cuando se presiona el botón de pánico este reacciona en menos de 10 segundos.

2.2.4. Comparación de datos de coordenadas y velocidad

Se ha recopilado una muestra de 9 datos cuidadosamente seleccionados el cual fueron enviados en el mismo instante de tiempo de los dispositivos *SKYPATROL* y el *SIM808* los datos recopilados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7

Muestra de datos con mayor precisión en el tiempo de envío

COMPARACIÓN							
SKYPATROL				SIM808			
VELOCIDAD				VELOCIDAD			
FECHA	LATITUD	LONGITUD	(Km/h)	FECHA	LATITUD	LONGITUD	(Km/h)
				11:18:39	1,2385120	-	
11:18:39 a. m.	1,238750	-77,305015	38,15	a.m.	39	77,30471802	39,390
				11:19:09	1,2398749	-	
11:19:09 a. m.	1,239835	-77,306453	0	a.m.	59	77,30652618	0,092
				12:00:08	1,1833419	-	
12:00:08 p. m.	1,183092	-77,276333	45,37	p.m.	8	77,27622986	45,038
				12:00:38	1,1818530	-	
12:00:38 p. m.	1,181820	-77,279382	50,19	p.m.	56	77,27907562	48,002
				12:06:38	1,1662670	-	
12:06:38 p. m.	1,166383	-77,298915	16,30	p.m.	37	77,2989502	11,960
				12:08:38	1,1661250	-	
12:08:38 p. m.	1,166175	-77,298740	30,37	p.m.	59	77,2990799	25,589
				12:25:38	1,1834000	-	
12:25:38 p. m.	1,183567	-77,276155	49,26	p.m.	35	77,27619934	49,357
				12:50:08	1,2157180	-	
12:50:08 p. m.	1,215697	-77,281912	0	p.m.	31	77,2820282	0,092
				12:50:39	1,2154370	-	
12:50:39 p. m.	1,215402	-77,282568	0	p.m.	55	-77,28263092	0,092

Se puede observar en la tabla anterior que el sistema *SYPATROL* entrega 6 decimales en las coordenadas mientras que el sistema con el módulo *SIM808* entrega 8 decimales esto quiere decir que los datos son más precisos, de igual forma en los datos de velocidad entrega 3 decimales más a diferencia del *SKYPATROL* que solo entrega 2 decimales.

A continuación, se procede a realizar un análisis de las coordenadas de cada uno de los puntos obtenidos en la tabla anterior, el puntero verde representa el sistema *SKYPATROL* y el puntero rojo el sistema con *SIM808*.

Figura 49

Margen de error 1 Sistema SKYPATROL vs SIM808.

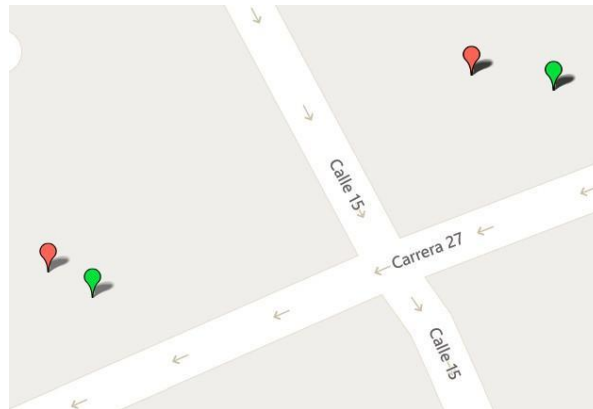


Figura 50

Margen de error 2 Sistema SKYPATROL vs SIM808.



Figura 51

Margen de error 3 Sistema SKYPATROL vs SIM808.



Se puede observar que los puntos son muy cercanos entre sí y que el margen de error está aproximadamente entre 2 a 5 metros a la redonda.

De igual forma se realiza un análisis de las velocidades entregadas por el *SKYPATROL* y el *SIM808* con el fin de evidenciar el error entre los dos dispositivos.

Figura 52

Comparación de temperatura con termómetro BioTemp.



Se puede observar que la diferencia máxima es de aproximadamente 4.6 km/h en el dato 6 y que de los 9 datos 5 de ellos son muy similares y el resto tienen un error mayor a 1 km/h

2.2.5. Comparación de temperatura con termómetro calibrado

A continuación, se muestra la comparación con el termómetro certificado de la empresa *BIOMETRICAL* dando como resultado en la temperatura ambiente 24 °C.

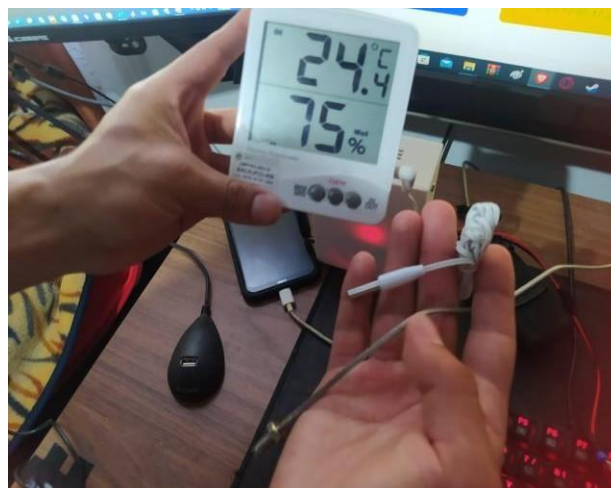
Figura 53

Comparación de temperatura en plataforma de prueba.



Figura 54

Comparación de temperatura con termómetro BioTemp.

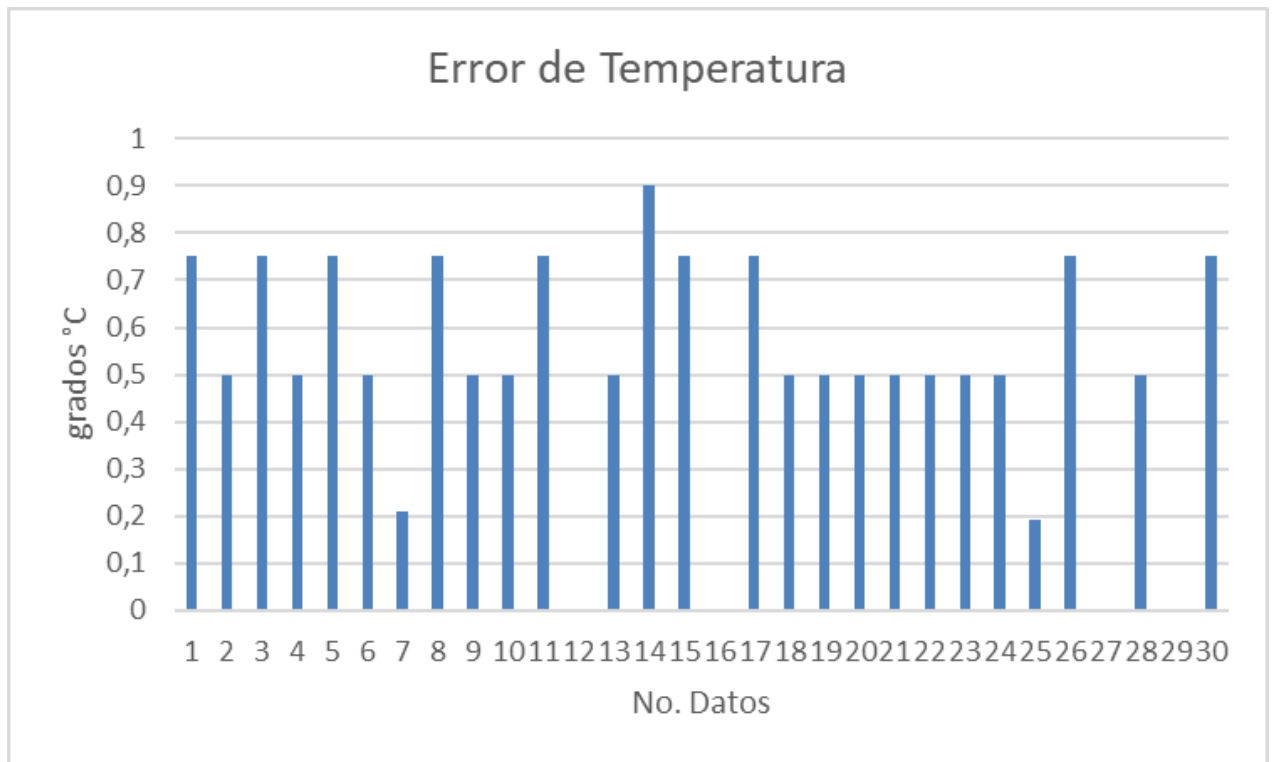


2.2.6. Error de temperatura

Se tomó una muestra de 30 datos y se realizó un análisis del error de temperatura del sensor *MAX6675* con respecto al termómetro calibrado por la empresa *BIOMETRICAL* el cual se puede visualizar en la siguiente gráfica.

Figura 55

Error de temperatura.



Se puede observar que la mayoría de los datos tiene un error de 0,5 °C aproximadamente, el error máximo es de 0,9, y el mínimo es de 0 grados.

2.3 Discusión

Los resultados tienen implicaciones prácticas en el ámbito del monitoreo vehicular. La capacidad de recibir datos en un tiempo determinado y generar alarmas en respuesta a variables críticas abre la puerta a mejoras significativas en la gestión de flotas y en la prevención de situaciones de emergencia. Además, teóricamente, esta implementación contribuye al campo de la telemetría al demostrar la eficacia de la combinación de hardware seleccionada para aplicaciones específicas como el monitoreo vehicular.

Es importante destacar que el rendimiento del sistema puede verse afectado por la calidad de la señal *GSM*, lo que podría dar lugar a retrasos en la transmisión de datos. Además, en condiciones climáticas adversas, como en un día lluvioso, la calidad de la señal del *GPS* podría deteriorarse, afectando la capacidad del sistema para comunicarse de manera efectiva con los satélites y, por lo tanto, influir en la precisión de la información de ubicación recopilada. Estas condiciones climáticas extremas podrían representar un desafío adicional para la robustez y la fiabilidad del sistema en entornos operativos específicos.

3 Conclusiones

El sistema de telemetría, impulsado por la tecnología *SIM808 v2* que integra comunicaciones *GSM*, *GPRS* y *GPS*, ha demostrado su eficacia en la localización de los vehículos, lo que permite un seguimiento detallado de sus movimientos. Esta capacidad se convierte en un recurso esencial para generar alertas en situaciones de riesgo y tomar medidas preventivas y de respuesta rápida.

El sistema desarrollado se destaca por su capacidad para obtener coordenadas de salida en el GPS con un mayor número de decimales, logrando así una precisión superior en la ubicación en comparación con un dispositivo comercial.

La plataforma *Ubidots* ha demostrado ser acertada pero está limitada a los datos almacenados sin embargo la plataforma de prueba que se desarrolló permite exceder el límite de la cuota de datos, permitiendo ser personalizada para los requerimientos de la empresa ya que brinda la posibilidad de rastrear los recorridos de los vehículos en un mapa satelital y monitorear variables de ubicación, nivel de gasolina, velocidad, temperatura, botón de pánico, apagado remoto y detección de encendido/apagado del vehículo. Esto no solo beneficia la seguridad, sino que también proporciona información valiosa para la optimización de rutas y la toma de decisiones operativas.

La alimentación del sistema, utilizando tanto la batería del vehículo como una batería externa de respaldo, asegura su funcionamiento continuo y fiable, incluso en situaciones imprevistas. Por último, este proyecto no solo ha contribuido a la seguridad en la ciudad de Pasto, sino que también ha demostrado cómo la tecnología puede ser aprovechada de manera creativa y efectiva para abordar desafíos sociales.

4 Recomendaciones

Con relación al tamaño del dispositivo, es factible lograr una optimización del tamaño mediante la incorporación de componentes más reducidos, como el *ESP32 S3*, o la implementación de un circuito con componentes de montaje superficial (*SMD*), lo que permite una reducción aún más notable en las dimensiones totales del dispositivo.

Adicionalmente, se podría potenciar la conectividad del sistema mediante la utilización de antenas más eficientes, especialmente en el ámbito del *GPS* y el *GSM*. Esta mejora contribuiría a optimizar la comunicación con los satélites para el *GPS* y a fortalecer la señal telefónica para el *GSM*, incrementando así la eficacia en la transmisión y recepción de datos, incluso en condiciones desafiantes, como días lluviosos o entornos con limitaciones de cobertura.

Referencias bibliográficas

Goddemeier, N., Kai, D., & Wietfeld, C. (10 de Diciembre de 2010). Coverage evaluation of wireless networks for unmanned aerial systems. *2010 IEEE Globecom Workshops, GC'10*, pág. 1765. doi:10.1109/GLOCOMW.2010.5700244

Man, Q., Ma, S., Xia, L., & Wang, Y. (24 de Julio de 2009). Research on security monitoring and health management system of medium-range UAV. *Proceedings of 2009 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, ICRMS 2009*, pág. 857. doi:10.1109/ICRMS.2009.5269955

Rahman, S., & Hengartner, U. (17 de Septiembre de 2007). Secure crash reporting in Vehicular Ad hoc NETWORKS. *Proceedings of the 3rd International Conference on Security and Privacy in Communication Networks, SecureComm*, pág. 452. doi:10.1109/SECCOM.2007.4550365

ROGER M, B., Hostetler, R., Barnes, K., Belcastro, C., & Belcastro, C. (15 de Agosto de 2005). Experimental validation: Subscale aircraft ground facilities and integrated test capability. *Collection of Technical Papers - AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*. doi:10.2514/6.2005-6433

Zungeru, A., Gaboitaolelwe, J., Diarra, B., Chuma, J., Ang, L.-M., Kolobe, L., . . . Zibani, I. (2019). A Secured Smart Home Switching System based on Wireless Communications and Self-Energy Harvesting. *IEEE Access*. doi:10.1109/ACCESS.2019.2900305

Granillo-Macias, R., Téllez-López, G., Lopez-Jimenez, J. A., & Contreras-Juarez, A. (2020). Uso de la telemetría en la administración del transporte . *Ingenio Y Conciencia*

Boletín Científico De La Escuela Superior Ciudad Sahagún, 7(13), 71-74.

<https://doi.org/10.29057/escs.v7i13.4948>

Vergara Guevara, O y Estrella Velásquez, T. (2018). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y estimación del consumo de combustible de automóviles de la alcaldía de Montería. Consultado el 5 de noviembre de 2021.

A.Pozo-Ruz*, A.Ribeiro, M.C.García-Alegre, L.García, D.Guinea, F.Sandoval. *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO*. Consultado el 5 de noviembre de 2021.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=132125>

Diario del Sur. (2021). *Diario de Sur*. Obtenido de Detenidos tras robarle a un conductor de taxi en Pasto: <https://www.diariodelsur.com.co/detenidos-tras-robarle-un-conductor-de-taxi-en-pasto/>

Lynn, A. (2017). *Scientia potentia est*. Obtenido de ¿Cómo saben los coches cuántos kilómetros puedes hacer con la gasolina que te queda? [Imagen]: <http://scientiapotentiaest.ambages.es/?p=1583>

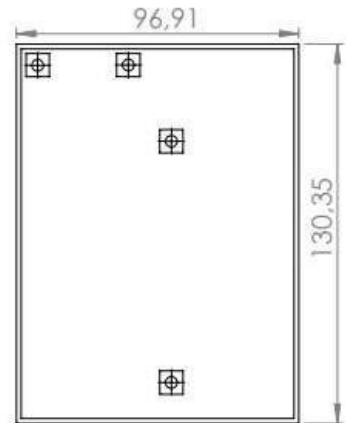
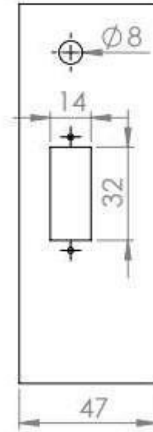
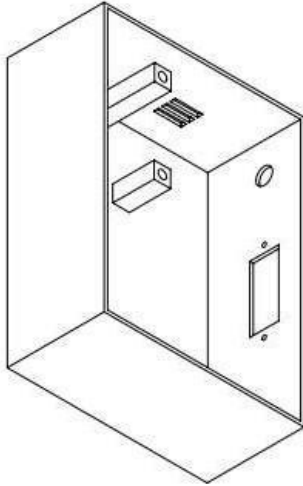
Marino Dodge, J. (1 de Julio de 2011). Telemetría usando Redes de Datos de Telefonía Celular. *Ingeniare*, pág. 11. doi:10.18041/1909-2458/ingeniare.11.646

Portafolio. (2019). *Portafolio*. Obtenido de Hurto en transporte público, un delito que se expande en las ciudades: <https://www.portafolio.co/economia/hurto-en-transporte-publico-un-delito-que-se-expande-en-las-ciudades-530869>

Anexos

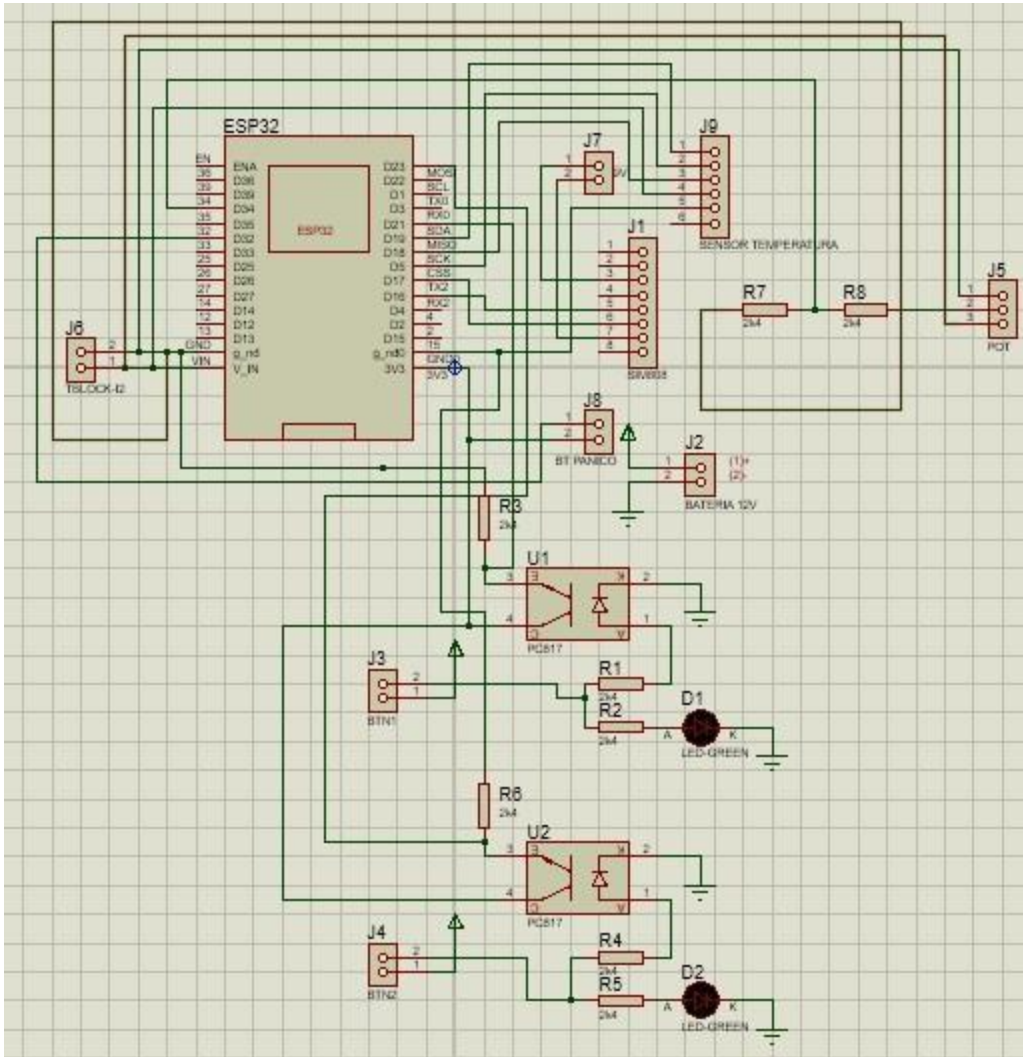
Anexo 1.

Planos de diseño de caja.



Anexo 2.

Esquemático de circuito en PROTEUS.



Anexo 3.

Diseño de circuito impreso en PROTEUS.

