



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
SUDAMERICANO
QUITO - ECUADOR

ESCUELA DE
DESARROLLO DE SOFTWARE

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE
ALARMA VEHICULAR CON CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO,
PARA LA DETECCIÓN Y AVISO EN TIEMPO REAL DE UNA
INTRUSIÓN VÍA CELULAR**

AUTORES: ALVARADO HERRERA EDGAR ROBERTO
SANTILLÁN MARIDUEÑA SHIRLEY MIRELLA

TUTOR: MSc. VILLASIS FABRIZIO

San Francisco de Quito, junio del 2023

AUTORÍA

Nosotros, Alvarado Herrera Edgar Roberto, portador de la cédula de ciudadanía n.º 171809912-8, y Santillán Maridueña Shirley Mirella, portador de la cédula de ciudadanía n.º 120607117-5, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito, es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado e investigado en base a las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por nosotros.

Alvarado Herrera Edgar Roberto

Santillán Maridueña Shirley Mirella

CERTIFICACIÓN

Una vez que se ha culminado la elaboración del proyecto de titulación cuyo tema es: “Diseño e implementación de un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, para la detección y aviso en tiempo real de una intrusión vía celular”, certifico que el mismo se encuentra habilitado para su defensa pública.

MSc. Fabrizio Villasís Chiriboga
Coordinador de la Escuela de Desarrollo de Software
Instituto Superior Tecnológico Sudamericano Quito

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certifico que los señores Alvarado Herrera Edgar Roberto y Santillán Maridueña Shirley Mirella han realizado y concluido su trabajo de titulación, cuyo tema es: “Diseño e implementación de un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, para la detección y aviso en tiempo real de una intrusión vía celular”, para obtener el título de Tecnólogo en Desarrollo de Software, bajo mi tutoría.

MSc. Fabrizio Villasís Chiriboga
Coordinador de la Escuela de Desarrollo de Software
Instituto Superior Tecnológico Sudamericano Quito

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos con Dios, por toda su generosidad, y por habernos bendecido en este largo y arduo camino, permitiéndonos culminar con éxito este gran sueño estudiantil, el cual nos permitirá escalar un peldaño más en la vida académica, y así lograr el anhelado título de tercer nivel. No podemos dejar de agradecer el apoyo incondicional brindado por nuestros amados padres, sin su guía, apoyo, confianza, este sueño hubiese sido imposible de cumplir.

Queremos hacer una mención especial al Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Quito, por su compromiso, seriedad, apoyo, y empatía con nosotros los estudiantes, ya que en los momentos más difíciles y las duras circunstancias que nos tocó atravesar en la emergencia sanitaria del COVID-19, nunca nos cerraron sus puertas y siempre nos dieron las facilidades para continuar con nuestros estudios.

Nuestro compromiso será dejar en lo más alto el nombre del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano con nuestro accionar laboral en el diario vivir.

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a nuestro padre celestial, con su bendición lo imposible se hace posible, sin su bendición lo posible se vuelve imposible. Su bondad ha hecho que este proyecto pase de ser un sueño a una realidad, del cual estamos sumamente orgullosos.

Hacemos una dedicatoria especial a nuestros amados padres, su guía, su confianza, su apoyo y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles han sido la gasolina que necesitaba nuestro espíritu para impulsarnos y continuar con el gran sueño de convertirnos en profesionales de tercer nivel de la República del Ecuador.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, para la detección y aviso en tiempo real de una intrusión vía mensaje de texto por celular.

El desarrollo del prototipo de la alarma vehicular ha contemplado la construcción de tarjetas electrónicas y de comunicación para establecer la conexión entre el sistema de alarma vehicular, el cerebro del proyecto, que es un microcontrolador Arduino y el sistema eléctrico del vehículo; los eventos de entrada y de salida serán transmitidos mediante señal celular a través de un módulo de comunicación GPRS hacia el celular del usuario final.

Con la creación de este proyecto se logrará robustecer el funcionamiento de la alarma vehicular tradicional, la cual está limitada por la distancia y la potencia de su bocina. Con la implementación de este prototipo, la distancia dejará de ser un limitante para poder monitorear el estado del vehículo y se convierte en una alternativa más económica y atractiva comparada con otras alarmas vehiculares disponibles en el mercado.

Este documento contempla un marco teórico con los diversos conceptos, definiciones, tecnologías, materiales y herramientas necesarias para el diseño e implementación del proyecto del prototipo de la alarma vehicular, así como también el desarrollo del programa de control para el microcontrolador Arduino, un registro fotográfico del proceso de implementación del prototipo de la alarma vehicular en el vehículo de pruebas, los costos de la implementación y los resultados de las pruebas realizadas.

ABSTRACT

The main objective of this work is the design and implementation of a prototype vehicle alarm system with control over the electrical system, for real-time detection and notification of intrusion via text message on a cell phone.

The development of the vehicle alarm prototype has involved the construction of electronic and communication boards to establish the connection between the vehicle alarm system, the project's brain, which is an Arduino microcontroller, and the vehicle's electrical system. Input and output events will be transmitted via cellular signal through a GPRS communication module to the end user's cell phone.

With the creation of this project, the functionality of traditional vehicle alarms, which is limited by distance and the power of their horn, will be strengthened. With the implementation of this prototype, distance will no longer be a limiting factor for monitoring the vehicle's status, and it becomes a more cost-effective and attractive alternative compared to other vehicle alarms available in the market.

This document includes a theoretical framework with various concepts, definitions, technologies, materials, and tools necessary for the design and implementation of the vehicle alarm prototype project. It also includes the development of the control program for the Arduino microcontroller, a photographic record of the implementation process of the vehicle alarm prototype in the test vehicle, implementation costs, and the results of the conducted tests.

This document encompasses a work where various concepts, definitions, technologies, materials, and tools necessary for the design and implementation of the vehicle alarm prototype project have been described. It also includes the development of the control program for the Arduino microcontroller, as well as a photographic record of the implementation process of the vehicle alarm prototype in the test vehicle, and the results of the conducted tests.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Justificación.....	3
3.	Antecedentes	5
4.	Objetivos	6
4.1.	Objetivo General.....	6
4.2.	Objetivos Específicos	6
5.	Marco Teórico	7
5.1.	Alarmas Vehiculares.....	7
5.1.1.	Tipos de Alarmas	8
5.2.	Arduino.....	8
5.2.1.	Arduino UNO.....	9
5.2.2.	Wiring.....	10
5.2.3.	Procesing	10
5.2.4.	IDE	11
5.3.	Relé 12VDC	12
5.4.	SIM 800L.....	12
5.5.	Fuentes de Alimentación.	13
5.6.	Ley de ohm	14
5.6.1.	Voltaje	14
5.6.2.	Corriente.....	15
5.6.3.	Resistencia.....	16
5.7.	Cable Dupont.....	16
5.8.	Baquelita Perforada	17
5.9.	Interruptor Eléctrico	18
5.10.	Borneras	18
5.11.	Terminales Eléctricos.....	19

5.12.	GSM.....	19
5.13.	GPRS.....	20
5.14.	SMS.....	21
5.15.	Comandos AT	21
6.	Desarrollo del Proyecto	24
6.1.	Diseño del prototipo de la alarma vehicular	28
6.2.	Identificación de señales eléctricas en el interior del vehículo	30
6.3.	Medición de voltajes y verificación del comportamiento de las señales eléctricas del vehículo y de la alarma vehicular.....	32
6.4.	Elaboración de las tarjetas electrónicas	34
6.5.	Maqueta de pruebas	36
6.6.	Modulo SIM 800L	38
6.6.1.	Pruebas del módulo SIM8000L	39
6.7.	Diagrama de flujo del proyecto	41
6.8.	Código fuente	44
6.9.	Pruebas del prototipo de la alarma vehicular.....	49
6.10.	Costos.....	61
6.10.1.	Costos del prototipo de la alarma vehicular en maqueta	61
6.10.2.	Costos para la implementación del prototipo de la alarma vehicular en un vehículo	63
7.	Conclusiones y Recomendaciones	65
7.1.	Conclusiones.....	65
7.2.	Recomendaciones	66
	Referencias	67
	Anexos.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de Alarma Inteligente KIA Motors.	7
Figura 2. Arduino UNO.	9
Figura 3. Wiring.	10
Figura 4. IDE Processing.	11
Figura 5. IDE.....	11
Figura 6. Relé 12V.	12
Figura 7. Mini SIM800L.	13
Figura 8. Fuente de Alimentación.	13
Figura 9. Ley de Ohm.	14
Figura 10. Voltaje.....	15
Figura 11. Corriente.	15
Figura 12. Resistencia.	16
Figura 13. Cable Dupont.	17
Figura 14. Baquelita Perforada.....	17
Figura 15. Interruptor Eléctrico.....	18
Figura 16. Borneras.	18
Figura 17. Terminales Eléctricos.	19
Figura 18. Equipos GSM de 1991.....	20
Figura 19. Sistema de comunicación inalámbrico.	20
Figura 20. Mensajería SMS.....	21
Figura 21. Comandos AT.	23
Figura 22. Ilustración de la bidireccionalidad para el envío de eventos mediante SMS.....	25
Figura 23. Ilustración del funcionamiento tradicional de una alarma vehicular.	26
Figura 24. Ilustración del funcionamiento con la implementación del prototipo de la alarma vehicular.	27
Figura 25. Mapa conceptual del funcionamiento del prototipo de la alarma vehicular.	29
Figura 26. Diagrama eléctrico de un vehículo KIA Rio R 2014 1/4.....	31
Figura 27. Proceso de desmontaje de protecciones plásticas, identificación central de la alarma vehicular, y mediciones con el multímetro.	33
Figura 28. Construcción tarjetas eléctricas y electrónicas.	35
Figura 29. Asignación de espacios para las tarjetas electrónicas e interconexión de dispositivos.	37

Figura 30. Energización del módulo SIM 800L con conexión a la placa Arduino UNO. 38

Figura 31. Comunicación entre Arduino y el módulo SIM 800L. 40

Figura 32. Diagrama de Flujo del proyecto..... 43

Figura 33. Muestra de la ruta para la implementación del cableado..... 53

Figura 34. Implementación del cableado. 53

Figura 35. Identificación del cable para el corte del paso de la gasolina, soldadura y aislamiento.
..... 54

Figura 36. Ubicación de los sensores en los accesos del vehículo..... 56

Figura 37. Detalle de las pruebas de intrusión en el capó y puertas. 57

Figura 38. Detalle de las pruebas realizadas enviando el SMS con las palabras ON (a) y OFF
(b) para el corte y restablecimiento del paso de la gasolina. 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comandos AT más habituales.....	22
Tabla 2. Apartado de los SMS enviados y recibidos.....	28
Tabla 3. Detalle de los voltajes identificados en el interior del vehículo.....	32
Tabla 4. Comandos AT para pruebas de funcionamiento del SIM800L.....	40
Tabla 5. Detalle de las pruebas realizadas en el vehículo de pruebas.	52
Tabla 6. Mensajes que se reciben desde el prototipo de la alarma vehicular.....	60
Tabla 7. Mensajes que se envían desde el celular al prototipo de la alarma vehicular.	61
Tabla 8. Costos de la construcción del prototipo de la alarma vehicular en una maqueta.....	62
Tabla 9. Costos de la implementación del prototipo de la alarma vehicular en un vehículo...	64

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Datasheet Arduino UNO	73
Anexo 2: Datasheet Módulo SIM 800L	74
Anexo 3: Módulo Stepdown Tekmicro	75
Anexo 4: Datasheet Relé	76

1. Introducción

El presente trabajo explica el diseño e implementación de un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, cuyo objetivo es la detección y aviso en tiempo real al dueño del automotor de la intrusión a la cabina y/o al capó del vehículo mediante mensajes de texto al teléfono celular, y así poder acortar el tiempo de respuesta ante el robo, poder alertar a la policía sobre el cometimiento del delito y evitar la pérdida de los bienes materiales.

Para el desarrollo y pruebas del prototipo se utiliza el vehículo marca KIA RIO R del año 2015. El prototipo tiene interacción con el sistema de alarma y el sistema eléctrico del vehículo, lo que permite identificar si fue vulnerada la cabina o el capó del automotor y enviar un mensaje de texto indicando la parte del vehículo que fue vulnerada.

En el caso de que el vehículo haya sido violentado y sustraído completamente, el dueño del automotor puede enviar un mensaje de texto que activará el funcionamiento de un relé con la finalidad de deshabilitar el vehículo lo que provocará que este se detenga, permitiendo acortar el radio de búsqueda del vehículo sustraído. El dueño del vehículo y usuario de este proyecto podrá decidir en dónde desea la instalación de este relé considerando dos opciones, la primera que la conexión del relé sea al paso de la gasolina o la segunda opción, que sea al paso de la energía eléctrica al tablero eléctrico del vehículo. Esta decisión dependerá mucho del criterio del cliente, considerando que la diferencia entre las dos opciones es que con la conexión al paso de la gasolina el auto recorrerá unos cuantos metros antes de detenerse completamente y, con la conexión al paso de la energía al tablero eléctrico, el vehículo se detendrá de manera abrupta.

Con la implementación de este prototipo y su futura comercialización se tendrá una herramienta bastante útil para poder hacerle frente al robo de los vehículos, de acuerdo a los

datos proporcionados por la Fiscalía de nuestro país, las modalidades más comunes para el robo de vehículos son el robo de partes eléctricas, partes mecánicas, así como también el robo de las pertenencias personales que quedan en el interior del vehículo, y por último la sustracción del propio vehículo por completo, cuando este se encuentra estacionado.

El contenido de este documento presenta la siguiente estructura: como primera parte se justifica y se analizan los antecedentes que dan pie a este proyecto, fundamentalmente se analiza la problemática del hurto de los automotores en nuestro país. Luego se desarrolla el marco teórico con las definiciones, conceptos y tecnologías necesarias para el desarrollo del prototipo. De ahí se explica el diseño del hardware y del desarrollo del software para posteriormente detallar la implementación del sistema prototipo.

Por último, se realizan las pruebas de funcionamiento y solución de errores para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones.

2. Justificación

En la ciudad de Quito ha aumentado notablemente el robo de autos, las bandas delictivas han desarrollado nuevas técnicas para sustraer los objetos que se encuentran dentro de estos, las piezas de recambio (repuesto o refacción) y hasta el propio vehículo. Según la Policía Nacional del Ecuador, el robo a los automotores alcanza un tiempo de ejecución de 12 segundos, esto hace que la respuesta de la comunidad y de la policía quede sin efecto. Con la implementación de este prototipo se busca mejorar los tiempos de respuesta de los dueños de los vehículos, ya que al momento que se detecte el intento de vulnerar la seguridad del automotor, llegará un mensaje de texto en ese mismo instante al dispositivo móvil del dueño, indicando que el vehículo está siendo violentado.

Si los maleantes logran violentar la seguridad del vehículo, encenderlo y ponerlo en marcha, el propietario al recibir la alerta podrá enviar un mensaje de texto o SMS (Short Message Service - Servicio de Mensajes Cortos) al proyecto ordenando que se bloquee del paso de la gasolina hacia el motor, o se inhiba la energía al tablero eléctrico, lo que ocasionará que el vehículo detenga su marcha.

Para desarrollar el proyecto se establece el siguiente proceso: investigará y se diseñará la electrónica necesaria que permita la interconexión del prototipo con el sistema eléctrico del vehículo, además, se desarrollará el código fuente para el circuito de control que será desarrollado en base a un microcontrolador Arduino, para posteriormente establecer la comunicación entre el módulo de comunicación GPRS (General Packet Radio Service) con el microcontrolador Arduino y, para finalizar, se realizarán varias pruebas de validación.

Con el desarrollo de este proyecto no solo se desea reforzar la seguridad y modernizar el funcionamiento del sistema de alarmas de los vehículos, sino también se busca devolverles la tranquilidad a los dueños de los automotores y hacer frente a la delincuencia. También, el presente proyecto permitirá incrementar los servicios de la empresa CIRP Seguridad Electrónica, de la cual los autores de este trabajo son dueños, permitiendo obtener réditos económicos como así también poder brindar oportunidades de trabajo en diferentes áreas a los ciudadanos de la ciudad de Quito.

3. Antecedentes

En la actualidad es muy común la utilización de los sistemas de alarmas vehiculares tradicionales, los cuales son sistemas que vienen instalados de fábrica y presentan como principal medio de alerta, ante la violación de la integridad del automotor, la generación de tonos de alarma los cuales están limitados a una zona de poca distancia.

Con el avance tecnológico, actualmente existen sistemas de alarmas monitoreados, como lo es el sistema de alarmas Chevystar, siendo este uno de los más conocidos, el cual permite monitorear el estado del vehículo a través de una consola de seguridad. Para acceder a este servicio es necesario firmar un contrato de comodato anual, es decir, Chevystar alquila los equipos necesarios durante un año, por un valor que va desde los USD 443 hasta los USD 669. El costo de este servicio es un limitante económico para la gran mayoría de personas.

Con el diseño e implementación de este sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, cuyo objetivo es la detección y aviso en tiempo real al dueño del automotor de la intrusión a la cabina y/o al capó del vehículo mediante mensajes de texto al teléfono celular, se tendría una solución competitiva y económica, siendo este un sistema de alarma moderno, teniendo como ventaja que no es necesario establecer un contrato de comodato y una vez que el dueño del vehículo adquiera este sistema, automáticamente los dispositivos pasan a ser parte de su propiedad.

El proyecto aprovecha el uso de los teléfonos celulares inteligentes, para recibir las alertas generadas por el sistema prototipo en tiempo real, convirtiéndolo en una mejor opción comparado con los caros sistemas de monitoreo y mejor aún, a las tradicionales alarmas sonoras.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, para la detección y aviso en tiempo real de una intrusión vía celular.

4.2. Objetivos Específicos

1. Investigar y describir los diversos conceptos, definiciones, tecnologías y herramientas necesarias para el diseño e implementación del proyecto prototipo, a manera de marco teórico.
2. Diseñar y desarrollar la electrónica necesaria para vincularse y controlar el sistema eléctrico así como con la alarma del vehículo.
3. Diseñar y programar el código necesario para el circuito de control que está desarrollado en base a un microcontrolador Arduino.
4. Establecer la comunicación entre el módulo de comunicación de servicio general de paquetes vía radio (GPRS) con el microcontrolador Arduino y el envío correcto de mensajes de texto.
5. Implementar el proyecto prototipo en el vehículo de pruebas.
6. Realizar las pruebas de funcionamiento del prototipo.

5. Marco Teórico

5.1. Alarmas Vehiculares

En la actualidad la inseguridad ya no es una sorpresa, se hurtan los vehículos a diario, y este crimen lamentablemente va en aumento, pero gracias a la tecnología, que crece a pasos agigantados, se puede tener una mejor protección, por lo que es recomendable el uso de diferentes tipos de alarma para complementar la seguridad que trae cada vehículo y por tranquilidad personal. (Sistemas de alarma para automóviles, 2023)

Las alarmas vehiculares son muy importantes para alertar al propietario en caso de un robo mediante ruido para tener una reacción inmediata y evitar el hurto o secuestro de este. En algunos vehículos antiguos no viene instalada de fábrica las alarmas de seguridad, por lo que es factible y recomendable instalar una alarma de vehículos que logre brindar mayor seguridad y tranquilidad al propietario. (Sistemas de alarma para automóviles, 2023)



Figura 1. Sistema de Alarma Inteligente KIA Motors.
Fuente: (Sistema de alarma para auto Kia, 2023).

5.1.1. Tipos de Alarmas

(Diferentes tipos de alarmas para autos, 2023)

Existen diferentes tipos de alarmas para sumar medidas de prevención y evitar el robo de vehículos.

Sonoras. - Es la clásica alarma que algunos ya conocemos o hemos escuchado su ruido ya que se activa por toques específicos entre vehículos o intrusión. Inmovilizadoras. Esta alarma es muy segura ya que permite inhibir el vehículo completo en caso de hurto desde un computador o teléfono.

GPS. - Permite ver la ubicación del vehículo en caso de robo adicional es combinable con cualquier otra alarma.

GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles). - Esta representa el avance de la tecnología en los últimos tiempos ya que mediante teléfonos celulares se puede controlar la alarma enviando y recibiendo mensajes, en este tipo de alarma ya se utiliza una tarjeta SIM800L.

Unidireccionales o Bidireccionales. - Cada una tiene una función la unidireccionales va dirigida a una sola dirección es decir modelo básico de la alarma, pero muy bueno, y la bidireccional transmite la señal a varios dispositivos al mismo tiempo es una gama más completa envía alertas al propietario evitando dar falsas alarmas.

Este tipo de alarmas cuentan con diferentes características donde todas suman a la seguridad del vehículo ayudando a la tranquilidad de las personas que las ven como inversión más no como un gasto innecesario.

5.2. Arduino

Arduino es una plataforma dedicada al diseño, fabricación, admisión de dispositivos electrónicos y software, lo que permite que cualquier persona en algún lugar del mundo acceda de manera fácil a tecnologías consideradas como avanzadas y que interactúan con el diario vivir

de las personas. Arduino fue diseñado para satisfacer las necesidades de todos los usuarios, desde principiantes, intermedios y expertos. Arduino ha roto la barrera que existió alguna vez entre el mundo de la electrónica, el diseño y la programación. (Arduino UNO, 2023)

5.2.1. Arduino UNO

Arduino UNO es un dispositivo electrónico, su plataforma es de código abierto, su arquitectura física consta de un microcontrolador de programación, un microcontrolador de comunicación, pines analógicos, pines digitales, conector de alimentación, puerto USB y un botón de reseteo. A través de los pines se pueden establecer las entradas y salidas que formarán parte de la arquitectura del diseño del prototipo. El voltaje de entrada que recomienda el fabricante está en el rango de 7VDC a 12VDC. (Arduino UNO, 2023)



Figura 2. Arduino UNO.
Fuente: (Arduino UNO, 2023).

5.2.2. Wiring

Wiring, es una plataforma que permite programar y generar prototipos con electrónica, su licencia es de código abierto, fue ideada para diseñadores y personas que quisieran crear productos basados en hardware, la tarjeta posee 43 pines de entrada y salida que trabajan con 5VDC, su creador fue el Colombiano Hernando Barragán y fue lanzado en el año 2004. (Programar Facil, 2023)

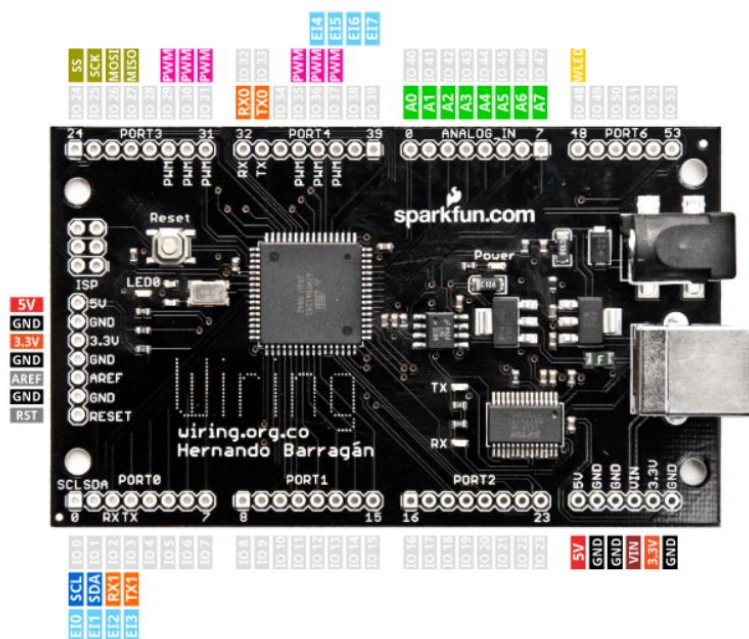


Figura 3. Wiring.

Fuente: (Previous generation Wiring boards, 2023).

5.2.3. Processing

Processing es un entorno de programación independiente con su propio lenguaje que de manera indirecta está ligado a JAVA, es de código abierto, fue ideado para no programadores, más bien fue pensado para diseñadores audiovisuales, se pueden crear gráficos 2D, 3D, texturas, formas geométricas, tiene una gran facilidad para que los trabajos puedan ser exportados a otras aplicaciones, como también a páginas Web, es muy popular desde su lanzamiento realizado en el año 2001. (Programar Facil, 2023)

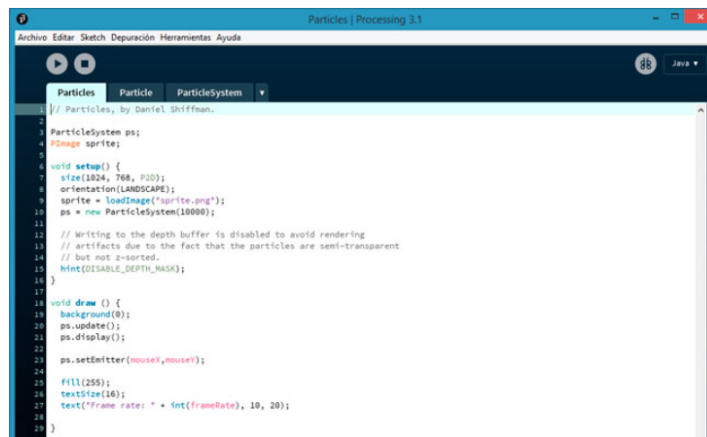


Figura 4. IDE Processing.
Fuente: (Programar Facil, 2023).

5.2.4. IDE

IDE es un entorno de desarrollo integrado con sus siglas en inglés (Integrated Development Environment) el cual está conformado por un editor de código, compilador, depurador, y un constructor de interfaz gráfica, los IDE permiten agilizar el tiempo de aprendizaje de las personas que están incursionando en la programación, ya que no necesitan realizar el proceso de integración manual de varias herramientas en el proceso de configuración, otra de las características que se pueden resaltar es que los IDE analizan el código mientras se va escribiendo, al mismo tiempo identifica los errores que se van generando en el momento de la programación, en conclusión los IDE nos ayudan a programar. (Programar Facil, 2023)



Figura 5. IDE
Fuente: (IDE For Web Developers in 2022, 2023).

5.3. Relé 12VDC

Según el Blog SEAS 2019, el relé es un dispositivo que funciona como interruptor que permite abrir y cerrar contactos, no funciona de manera manual, siempre de manera eléctrica. El cambio de estado es generado por una fuerza electromagnética que se produce cuando la bobina es energizada. (El Relé, 2023)



Figura 6. Relé 12V.
Fuente: (Módulo Relé 12V, 2023).

5.4. SIM 800L

El SIM 800L es un dispositivo enano quad-band GSM/GPRS, que trabaja en las frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz y PCS900MHz, además dispone de datos de mensajes SMS. Posee un tamaño compacto y un bajo consumo de corriente (puede llegar a consumir 1 mA en modo de reposo). Es dispositivo lo que permite es generar la comunicación en el proyecto del Arduino con la red celular. Por lo tanto con una Simcard se obtiene un teléfono celular conectado al proyecto. La manipulación del módulo debe ser muy sutil, y al momento de realizar las conexiones se debe considerar que funciona de 3.4V hasta 4.4V. Cuando se introduce la Simcard en el módulo deben observar el comportamiento y encendido del foco rojo sea un tiempo estimado de 2 segundos y una vez conectado a la red se encenderá aproximadamente cada 5 segundos. La comunicación del módulo SIM 800L con Arduino es mediante comandos AT. Para el ensamblaje del prototipo el módulo SIM800L fue fijado en

una placa perforada la conexión entre sus terminales y la placa fue a través de suelda con estaño. (Módulo GSM/GPRS SIM800L, 2023)

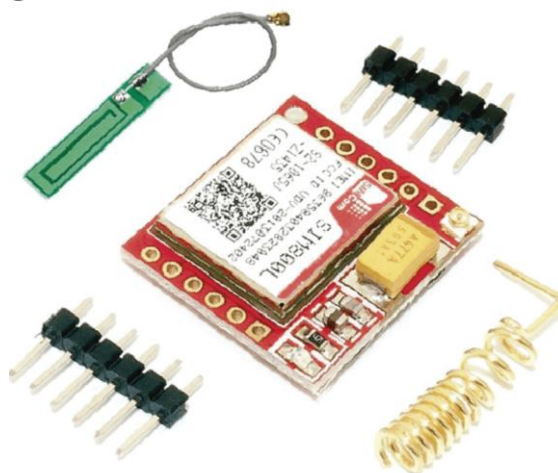


Figura 7. Mini SIM800L.
Fuente: (GSM/GPRS MINI SIM800L, 2023).

5.5. Fuentes de Alimentación.

Las fuentes de alimentación permiten que las alarmas dispongan de la suficiente energía para su correcto funcionamiento. En las salidas cuenta con protección de fusibles, se puede utilizar para mayor seguridad teniendo así la eficiencia y el control de algunas instalaciones de alarmas. La fuente de alimentación sirve para alimentar a los diferentes dispositivos electrónicos y electrónicos del presente proyecto en el caso puntual del prototipo se ha utilizado la fuente para simular la batería del vehículo. (Fuente de poder Seco-larm Enforcer, 2023)



Figura 8. Fuente de Alimentación.
Fuente: (Fuente de Alimentación 6/12/24 V- 3 Amp, 2023).

5.6. Ley de ohm

La ley de ohm es uno de los pilares fundamentales para el mundo de la electrónica, la formula general de la ley de ohm es una formula básica para entender el comportamiento de los circuitos eléctricos. El creador de la ley de ohm fue el físico y matemático alemán Geor Simon Ohm, la ley de Ohm establece que la diferencia de potencial que existe entre dos puntos es directamente proporcional a la corriente e inversamente proporcional a la resistencia, es decir si aplicamos más voltaje, tendremos más corriente y si aplicamos más resistencia tendremos menos corriente. (Ley de Ohm Organigrama, 2023)

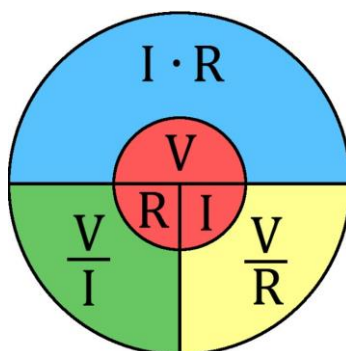


Figura 9. Ley de Ohm.
Fuente: (Ley de Ohm Organigrama, 2023).

5.6.1. Voltaje

El voltaje se define como la diferencia de potencial que existe entre dos puntos, su unidad de medida es el voltio, cuyo símbolo es V, el instrumento que sirve para realizar la medición es el voltímetro o el multímetro que tiene incorporado dentro de sus funciones el voltímetro. Dentro del prototipo utilizamos voltaje AC/ DC, el voltaje AC es utilizado para alimentar a la fuente de alimentación, el voltaje DC es utilizado para alimentar a los diferentes dispositivos que tenemos interconectados. (Voltio, 2023)

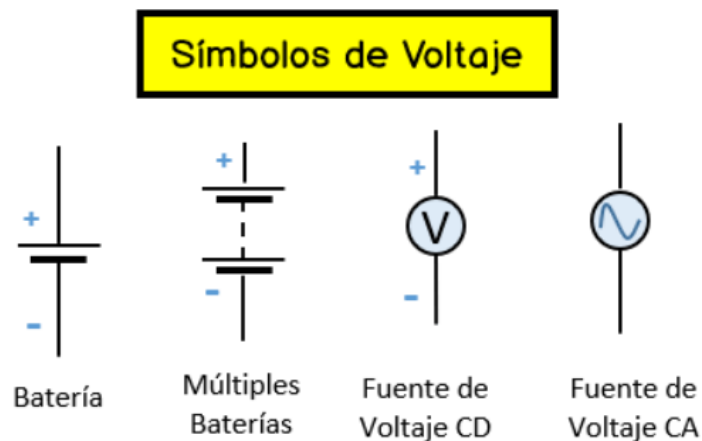


Figura 10. Voltaje.
Fuente: (Símbolos de Voltaje, 2023).

5.6.2. Corriente

La corriente se define como el flujo ordenado de electrones que circulan a través de un conductor, su unidad de medida es el amperio, su símbolo es la letra I , el instrumento de medida es el amperímetro, pinza amperimétrica o el multímetro con la opción de amperímetro. La corriente que tiene la fuente de alimentación del prototipo son 3amperios. (Corriente eléctrica, 2023)

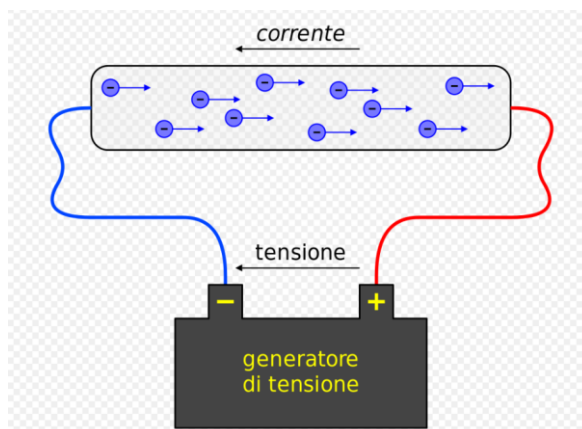


Figura 11. Corriente.
Fuente: (Corriente eléctrica, 2023).

5.6.3. Resistencia

La resistencia es un semiconductor que presenta una determinada oposición al paso de la corriente, su unidad de medida es el ohmio. En el prototipo la resistencia es utilizada para estabilizar el funcionamiento del Arduino, ya que sin la resistencia Arduino presenta perturbaciones internas y envía señales denominadas falsas. (Definición de Resistencia eléctrica, 2023)

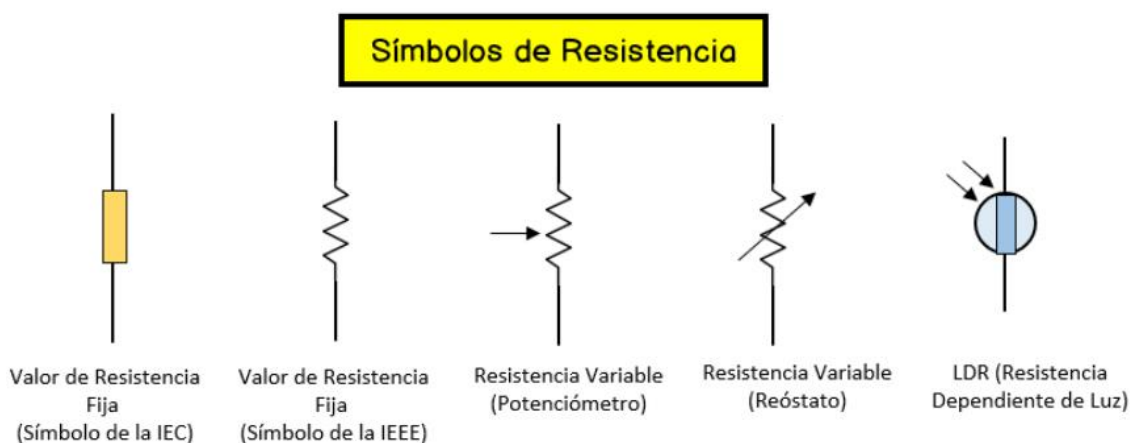


Figura 12. Resistencia.
Fuente: (Símbolos de Resistencia, 2023).

5.7. Cable Dupont

El cable Dupont o también conocido como cable puente, es utilizado para realizar las conexiones entre los dispositivos electrónicos y electrónicos, los extremos suelen ser macho - hembra, macho - macho o hembra - hembra. Una de las ventajas de utilizar este tipo de cable es que se evita realizar empalmes en el caso de querer extender la longitud original del cable. (Cables Dupont, 2023)



Figura 13. Cable Dupont.
Fuente: (Cables Dupont, 2023).

5.8. Baquelita Perforada

La baquelita perforada o también conocida como placa fenólica perforada es una tarjeta de cobre en donde la parte frontal tiene orificios de una misma medida, la parte posterior está compuesta por orificios circulares con bordes de cobre su construcción es ideal para realizar conexiones eléctricas y diseñar prototipos electrónicos. (Baquelita perforada, 2023)

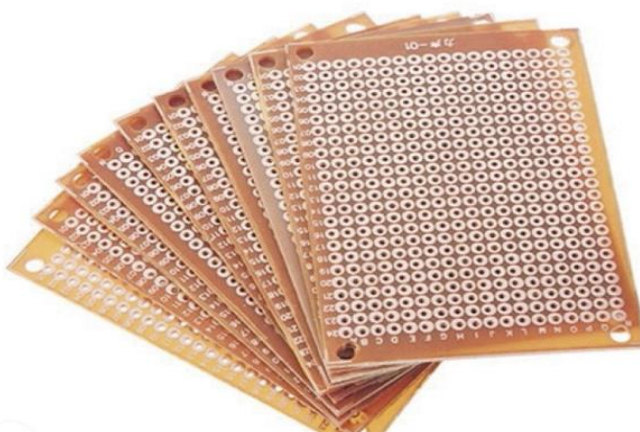


Figura 14. Baquelita Perforada.
Fuente: (Baquelita perforada, 2023).

5.9. Interruptor Eléctrico

El interruptor eléctrico es el que permite encender y apagar un foco dentro de una casa, habitación o empresa. Estos interruptores se logran observar todo el tiempo, pero muy pocos entienden el funcionamiento. La siguiente frase describe claramente la historia de los interruptores eléctricos de manera sencilla y rápida “Es un dispositivo que facilita el proceso de desviar el flujo de una corriente eléctrica” Ing. Británico, 1884 (Interruptores eléctricos, 2023)



Figura 15. Interruptor Eléctrico.
Fuente: (Interruptores eléctricos, 2023).

5.10. Borneras

Bornera o también conocida como clema es un tipo de conector eléctrico que sirve para apretar al cable contra la parte metálica a través de la utilización de un tornillo. La conexión es muy confiable, tanto física como eléctricamente, ya que el contacto entre la parte metálica y el cable es bastante firme. Se recomienda que el ajuste sea bastante fuerte, esto con la finalidad de evitar que el cable quede flojo produciendo falsos contactos. (Bornera o regleta, 2023)

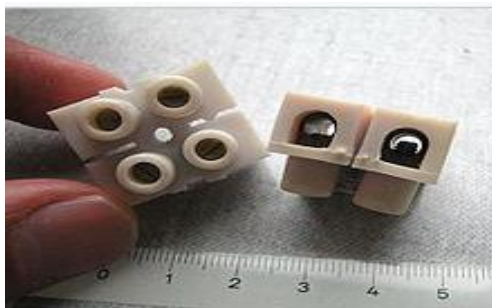


Figura 16. Borneras.
Fuente: (Bornera o regleta, 2023).

5.11. Terminales Eléctricos

Los terminales eléctricos o también llamados conectores eléctricos son dispositivos que sirven para unir circuitos, de acuerdo con la experiencia la utilización de los terminales eléctricos sirve para garantizar las conexiones eléctricas, minimizan los falsos contactos, la sulfatación de extremos y ayudan a tecnificar la creación de prototipos. (Los Terminales eléctricos, 2023)



Figura 17. Terminales Eléctricos.
Fuente: (Terminales eléctricos, 2023).

5.12. GSM

En los años 90 fueron presentados los primeros equipos prototipos de telefonía GSM con sus siglas en inglés (Global System for Mobile communications) esta tecnología fue la que permitiría que exista por primera vez el roaming lo cual hacia posible la interconexión de manera global, con esta tecnología ya no se establecían redes únicas, sino redes globales

Con este avance tecnológico se pudo lograr establecer la comunicación entre países, se da un salto de la tecnología analógica a la tecnología digital, se hace posible la transmisión de voz y datos, pero a baja velocidad, en especial los SMS. (Los primeros equipos GSM de 1991, 2023)



Figura 18. Equipos GSM de 1991.
Fuente: (Los primeros equipos GSM de 1991, 2023).

5.13. GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) es el método de transferencia de datos en las redes de telefonía móvil 2G, no necesita estar permanentemente conectado a diferencia de la tecnología 2G, lo que hace es utilizar la transformación de paquetes, al transmitir por paquetes existe una mayor garantía de que la información sea correcta, históricamente GPRS 2.5G es la continuación de GSM 2G, a través de GPRS se tiene acceso a internet, es muy útil para aplicaciones que necesitan transferencia de datos. GPRS evoluciono a EDGE (Enhanced Data GSM Evolution) con lo cual se pudo alcanzar mejores resultados en la velocidad de transmisión, sin embargo han sido superados ampliamente por las tecnologías 3G y 4GLTE. (GPS/GPRS, 2023)

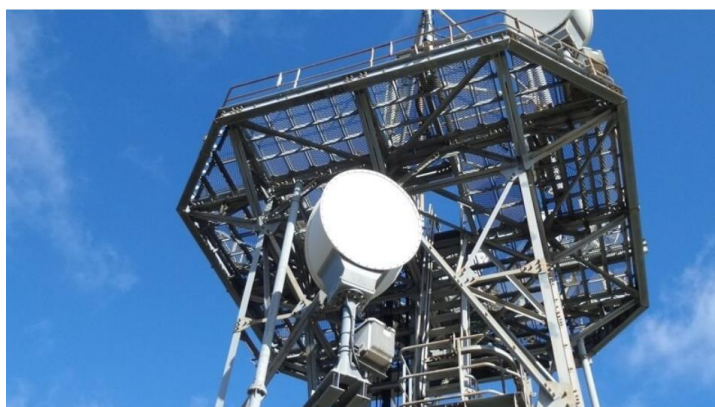


Figura 19. Sistema de comunicación inalámbrico.
Fuente: (Sistema de comunicación inalámbrico, 2023).

5.14. SMS

La idea de añadir la mensajería de mensajes de texto estaba latente y era una conversación común entre muchas comunidades de servicios de comunicación, el primer mensaje de texto fue enviado el 3 de diciembre de 1992, mediante la red GSM de Vodafone en EE. UU con la finalidad de avisar al usuario de llamadas perdidas y buzones de voz, pero con el tiempo se convirtió en un medio de comunicación de un dispositivo móvil a otro. (Historia del SMS, 2023)



Figura 20. Mensajería SMS.
Fuente: (Definición de SMS, 2023).

5.15. Comandos AT

Los comandos AT con su significado en inglés (Attention) fueron diseñados en los años 1981, su creador fue el Estadounidense Dennis Hayes, en aquel entonces los comandos AT fueron diseñados para establecer parámetros de configuración y parámetros de conexión en los modem Smart modem 300 a través de una serie de cadenas de texto cortos, la combinación de los comandos cortos puede formar comandos completos para diferentes aplicaciones.

En el presente proyecto los comandos ATM han servido para poder verificar el estado de la comunicación entre el Arduino y el módulo SIM 800L, a continuación se detalla en la tabla una lista de los comandos más habituales. (Guía sintetizada de comandos AT GSM+BT, 2023)

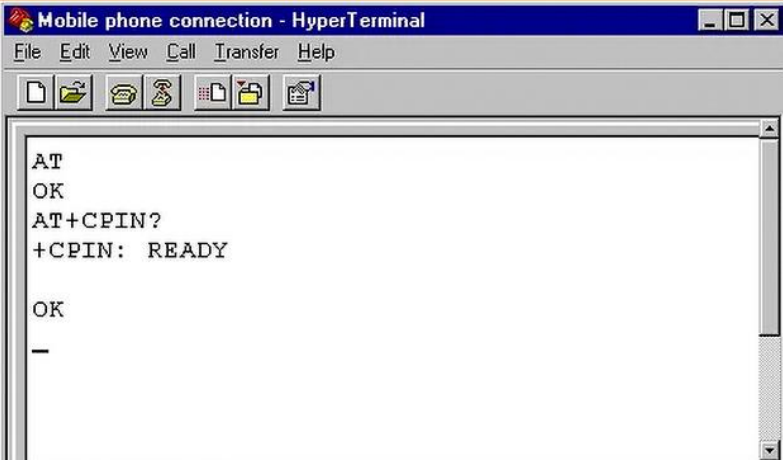
Comando	Significado
AT+CSQ	Para medir el nivel de señal.
AT+CREG=1	Para activar el registro en la red.
AT+CREG?	Para devolver el estado del registro en la red: Registrado / no registrado.
AT+COPS=?	Para devolver la lista de operadores disponibles.
AT+COPS=	Para seleccionar manualmente un operador.
AT+COPS?	Para comprobar la red actual.
AT+CGATT=1	Para registrarse mediante GPRS.
AT+CGATT?	Para devolver el estado actual de la conexión GPRS.
AT+CGDCONT=1,"IP","em"	Para definir el contexto PDP.
AT+CSQ	Para medir la calidad de la señal.
AT+CGACT=1	Para activar el contexto PDP.
AT+CGDCONT?	Para devolver el estado actual de la sesión de datos.
AT+CGACT=0	Para desactivar el contexto PDP.

Tabla 1. Comandos AT más habituales.

Fuente: (Comandos AT: Introducción, comandos más habituales y ejemplos de configuración, 2023).

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM. HyperTerminal es un programa que le permite emular las operaciones del terminal al interactuar con dispositivos remotos a través de un serial bus estándar (RS-232), dial-up, o Telnet. Este terminal de puerto serie de Windows es una práctica herramienta para enviar datos a pantallas serie. (Guía sintetizada de comandos AT GSM+BT, 2023)

En el IDE de Arduino a este se le denomina Monitor Serie.



```
AT
OK
AT+CPIN?
+CPIN: READY

OK
-
```

Figura 21. Comandos AT.

Fuente: (Guía sintetizada de comandos AT GSM+BT, 2023).

6. Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo e implementación del proyecto se ha considerado la utilización de dispositivos eléctricos y electrónicos que se encuentran en vigencia tecnológica, cuyas características técnicas permiten la interconexión e interacción entre ellos.

Para el desarrollo del proyecto se lo ha dividido en dos partes, la primera parte referente a toda la parte tangible del prototipo es decir toda la parte del hardware y la segunda parte se enfoca a desarrollar la parte intangible del proyecto, es decir, el desarrollo del software.

La elaboración del prototipo inicia con la identificación de la ubicación de la alarma vehicular en el vehículo de pruebas marca KIA RIO R del año 2015, paso seguido se realiza la identificación del cableado interno del automotor para conocer cuáles cables transportan las señales de comunicación y cuales cables los voltajes de alimentación eléctrica del vehículo, para posteriormente, una vez identificados, poder utilizar los cables respectivos como entradas y salidas para la interconexión con el microcontrolador Arduino, el cual es el cerebro del proyecto.

Una vez definido la parte física del proyecto, se desarrolla la parte lógica del proyecto, es decir, se procede con la elaboración del código fuente o programa que controlará al microcontrolador Arduino UNO, para finalmente proceder con la realización de las pruebas de funcionamiento, para confirmar la recepción de las señales de entrada generadas por el vehículo, así como la señal de salida que servirá para cortar el paso de la gasolina o la energía eléctrica al tablero eléctrico del vehículo.

En la figura 22, se puede observar de manera ilustrativa el funcionamiento del prototipo y su bidireccionalidad para el envío y recepción de señales a través de los mensajes de texto. Ante una violación a la integridad física del vehículo de apertura de puertas o del capot, se genera una señal de entrada que es registrada por el microcontrolador Arduino el cual a su vez genera una señal de salida hacia el dispositivo GPRS que lleva el mensaje de texto (SMS) con el recado de alarma, este mensaje viaja por la red celular y llega al usuario a su celular. Al ser advertido el dueño del vehículo de la violación, este envía de vuelta un mensaje SMS para el bloqueo de la bomba de gasolina y así evitar el robo del vehículo. Además este podrá dirigirse rápidamente al automóvil para persuadir el robo de las pertenencias dentro del vehículo acortando el tiempo de respuesta de lo que es una alarma sonora convencional que, de acuerdo en dónde se encuentre el usuario podría escuchar o no a la alarma.



Figura 22. Ilustración de la bidireccionalidad para el envío de eventos mediante SMS.
Fuente: Los autores.

En la figura 23 se ilustra de manera gráfica el funcionamiento tradicional de una alarma vehicular, primero el usuario realiza el armado de la alarma vehicular a través del control remoto, máximo un par de metros del carro; en el caso de producirse una intrusión en el vehículo, la distancia máxima en la que se podrá escuchar el ruido de la sirena y tener reacción ante la intrusión sería alrededor de 1.6 km de distancia «según la información investigada, el ruido de una sirena de 20 W equivale a 115 dB y su ruido se vuelve imperceptible a los 1600 m (TECNOCOM, 2023) », a partir de esa distancia el sonido generado por la sirena de la alarma vehicular será imperceptible para el oído humano causando que no se pueda tener reacción ante una intrusión.



Figura 23. Ilustración del funcionamiento tradicional de una alarma vehicular.
Fuente: Los autores.

En la siguiente figura 24, se representa en bloques el funcionamiento de la alarma vehicular, pero esta vez con el prototipo de la alarma vehicular desarrollado en este proyecto, al igual que en el funcionamiento de la alarma tradicional el usuario realizará el armado de la alarma a través del control remoto, pero ahora, en el caso de producirse una intrusión en el vehículo, el usuario

dueño del automotor recibirá un mensaje de texto (SMS) de manera prácticamente instantánea, indicando el lugar en el que se produjo la intrusión, sea por las puertas o por el capó. Además, otra diferencia con la alarma tradicional es la distancia, esta dejará de ser un limitante. gracias a la cobertura celular que abarca, no solo la zona en donde se encuentra, sino inclusive a todo el país, por lo que los mensajes de texto podrán ser recibidos y enviados sin restricción de la distancia.



Figura 24. Ilustración del funcionamiento con la implementación del prototipo de la alarma vehicular.
Fuente: Los autores.

Los mensajes que se llegan y se observarán en el dispositivo móvil asociado al proyecto serán los siguientes:

<i>Mensaje</i>	<i>Significado</i>
<i>Alerta!!! Apertura puertas</i>	Aviso de la intrusión en puertas o maletero
<i>Alerta!!! Apertura Capó</i>	Aviso de la intrusión en el capó
<i>ON</i>	Mensaje por enviar para hacer el corte del paso de la gasolina
<i>OFF</i>	Mensaje por enviar para hacer el restablecimiento para el paso de la gasolina

Tabla 2. Apartado de los SMS enviados y recibidos.
Fuente: Los autores.

6.1. Diseño del prototipo de la alarma vehicular

El diseño del prototipo de la alarma vehicular se lo presenta en la siguiente figura 25, en ella se describe en bloques la estructura del funcionamiento de la alarma vehicular. El vehículo tiene interconexión entre su sistema eléctrico y la alarma vehicular con la que viene de fábrica, el Arduino con el módulo SIM 800L se interconectan con la alarma vehicular para de esta manera mejorar su funcionamiento al permitir que los eventos de entrada y de salida de la alarma puedan ser visualizados en el celular del usuario dueño del vehículo por medio de mensajes de texto. A su vez, el usuario podrá enviar un SMS de control desde su celular hacia

el microcontrolador Arduino a través del módulo SIM 800L, lo que permitirá activar una señal de salida que tendrá control con el sistema eléctrico del vehículo.

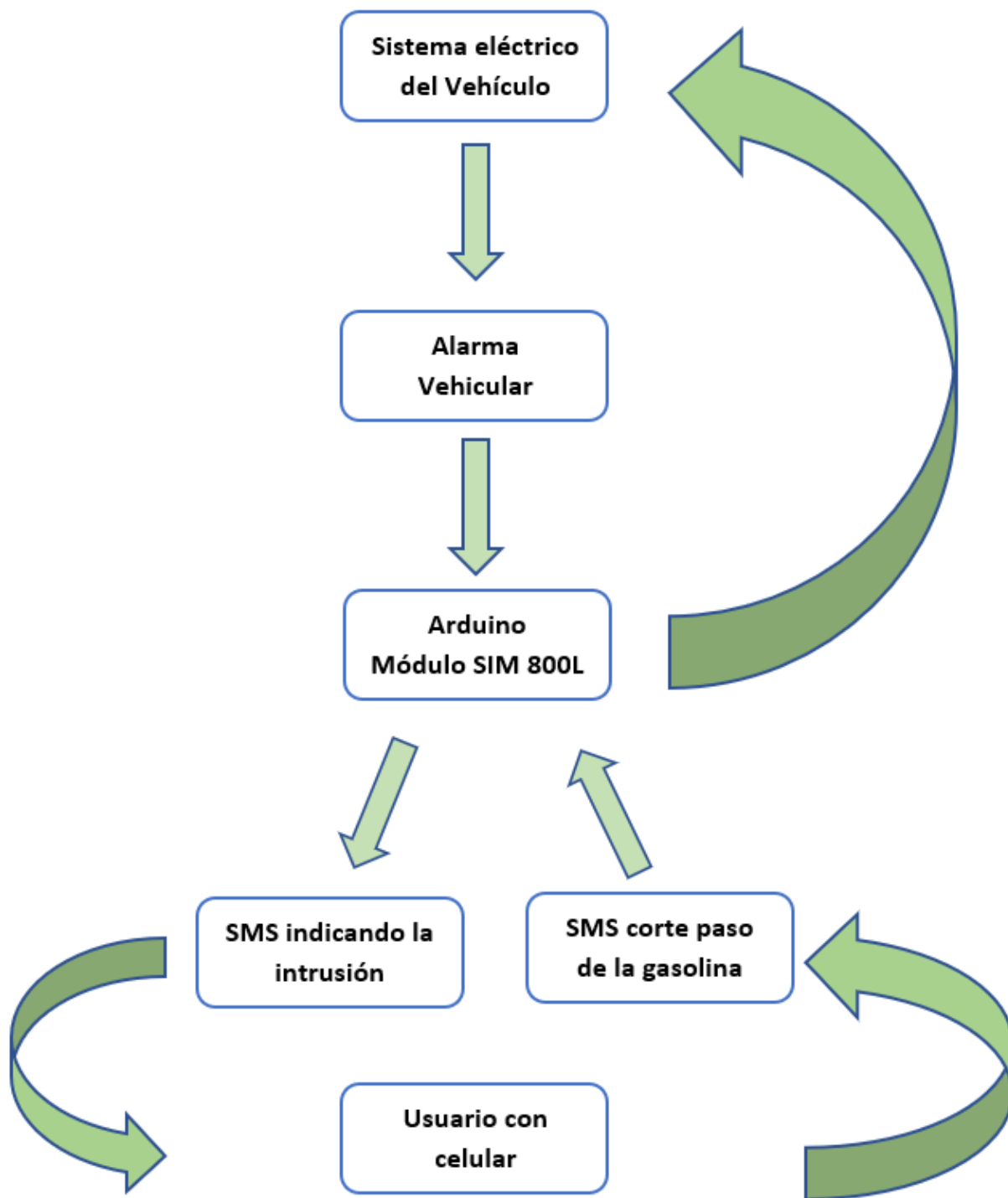


Figura 25. Mapa conceptual del funcionamiento del prototipo de la alarma vehicular.
Fuente: Los autores.

6.2. Identificación de señales eléctricas en el interior del vehículo

Para poder llevar a cabo el ensamblaje del prototipo es necesario identificar los cables que conducen las señales de apertura de las puertas, apertura del capó, paso de la energía a la bomba de la gasolina. Una vez identificadas las señales se podrán realizar las conexiones para las entradas y salidas digitales del microcontrolador Arduino. En las entradas digitales del microcontrolador Arduino se conectarán las señales provenientes de las puertas y del capó, mientras que en la salida digital del Arduino se conectará la señal para controlar el paso de la gasolina. Vale mencionar que el vehículo Kia Rio R 2015 en el que se ha venido trabajando para tomar las señales, las señales de las puertas están en serie con la señal del maletero, es decir, la señal del maletero y la señal de las puertas es la misma.

Para identificar las distintas señales de las puertas, del capó y de la alimentación de la bomba de la gasolina, es indispensable la utilización de paletas plásticas, esto con la finalidad de no dañar las protecciones plásticas del vehículo al momento de abrir los compartimentos que no utilizan tornillos y que están fijados mediante grapas plásticas, también es indispensable la utilización del multímetro con una adaptación de una aguja en las puntas, esto con la finalidad de evitar manipular demasiado el aislante del cableado que viene de fábrica y la aguja permite la lectura solo con pinchar superficialmente al cable, esta técnica es bastante utilizada en los talleres de instalación de auto lujos.

En la siguiente figura 26 se puede apreciar el diagrama eléctrico del vehículo KIA RIO R del año 2014, debido a que las características del diagrama no son muy claros visualmente se hace indispensable la utilización del multímetro para confirmar las señales. Es importante mencionar que para poder contar con un diagrama eléctrico de alta calidad de cualquier tipo de vehículo, es necesario pagar una suscripción y así adquirirlo, para el caso del presente proyecto se han utilizado los diagramas gratuitos que están disponibles en el Internet.

2014 Kia Rio EX
SYSTEM WIRING DIAGRAMS
Fig. 30: 1.6L, MFI Control Circuit, M/T (1 of 5)

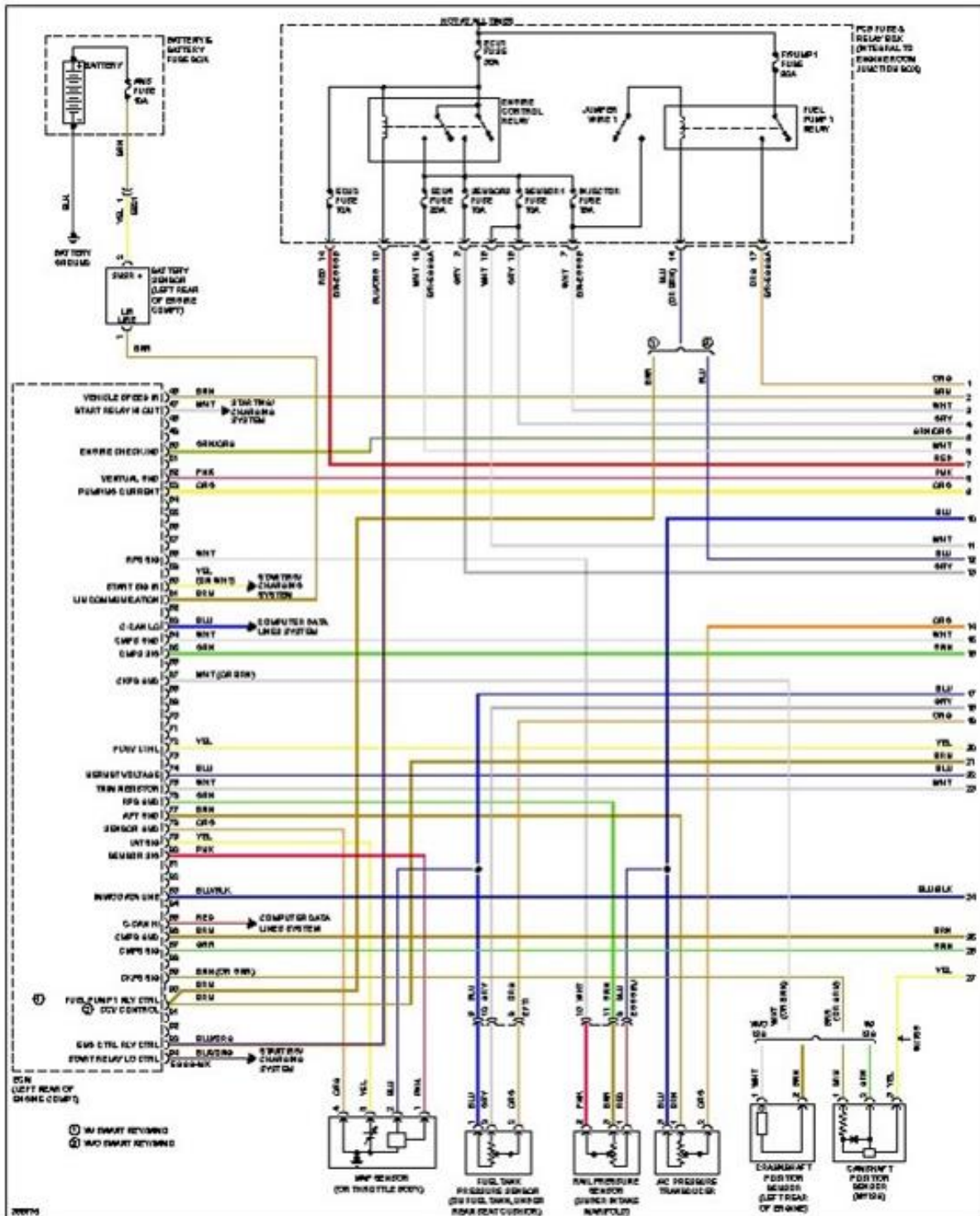


Figura 26. Diagrama eléctrico de un vehículo KIA Rio R 2014 1/4.
 Fuente: (Diagrama Kia Rio 2014, 2023).

6.3. Medición de voltajes y verificación del comportamiento de las señales eléctricas del vehículo y de la alarma vehicular

La construcción del prototipo contempló la utilización de relés eléctricos para la activación de las señales de entrada y las señales de salida del microcontrolador Arduino, por consiguiente, fue fundamental conocer los voltajes con los que trabaja la alarma vehicular, el voltaje con el que trabaja la bomba de gasolina y como es el comportamiento de las señales de las puertas y del capó.

En las mediciones se ha podido determinar que los voltajes predominantes en el interior del vehículo son 5VDC y 12VDC. Los resultados obtenidos han permitido determinar las características electrónicas de los relés que deben ser utilizados en el proyecto y que justamente estos relés son bastante comunes en el mercado local.

De acuerdo con el fabricante de la alarma vehicular, la señal de salida hacia el circuito de las puertas es una señal negativa denominada pulsador puntillas puertas negativas y la señal del circuito del capó es una señal negativa denominada pulsador puntillas capó.

Adicionalmente se han podido identificar los voltajes con los que trabajan las luces de parqueo, sirena, a continuación, cuadro referencial:

Dispositivo	Voltaje
Circuito de las puertas	5VDC
Circuito del capó	5VDC
Sirena	12VDC
Luces de parqueo	12VDC
Alarma Vehicular	12VDC
Señal ignición	12VDC

Tabla 3. Detalle de los voltajes identificados en el interior del vehículo.
Fuente: Los autores.

En la figura 27, se puede observar el proceso de desmontaje de las protecciones plásticas, identificación de la central de la alarma vehicular, medición de voltajes y verificación del comportamiento de las señales eléctricas del vehículo.

1



Para evitar dañar la carrocería es necesario la utilización de paletas plásticas.

2



Se siguen los cables de la alarma vehicular, buscando la central, en ocasiones la alarma vehicular se encuentra detrás del radio (Este no fue el caso).

3



Continuando con la búsqueda, se desarma la parte inferior izquierda para acceder por debajo del volante.

4



Se logra identificar la central de la alarma vehicular fijada en la parte metálica del volante.

5



Una vez identificada la ubicación de la central de alarma vehicular se procede con las mediciones de voltajes y comportamiento de señales.

Figura 27. Proceso de desmontaje de protecciones plásticas, identificación central de la alarma vehicular, y mediciones con el multímetro.

Fuente: Los autores.

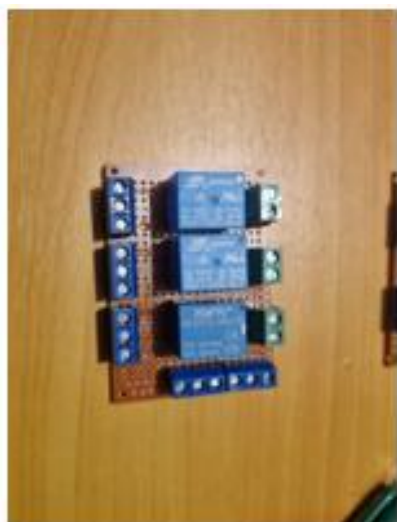
6.4. Elaboración de las tarjetas electrónicas

Es necesario la construcción de tarjetas electrónicas que permitirán realizar la fijación de los distintos dispositivos eléctricos y electrónicos, en el mercado local se ha podido conseguir baquelitas perforadas, sin embargo, el diámetro de sus orificios era muy pequeños lo cual impedía fijar los elementos eléctricos y electrónicos, por lo tanto, fue necesario utilizar una broca de metal de 1/16 para agrandar el diámetro de los orificios.

Para la elaboración de las pistas fue necesario la utilización de alambre número 28AWG (soporta 200 mA), estaño, flux y para la limpieza se utilizó alcohol isopropílico con un cepillo de dientes de cerdas suaves.

Con la finalidad de evitar falsos contactos o cortocircuitos, se han implementado bases metálicas para la fijación de las tarjetas en la base del prototipo conocidas en el mercado local como postes, la medida de los postes es de 2cm de largo.

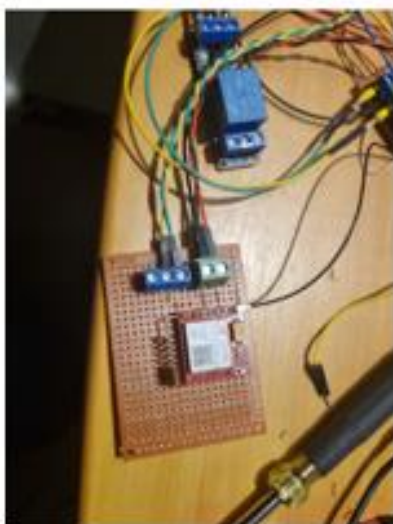
En la figura 28, se puede apreciar las tarjetas electrónicas construidas, en la parte posterior de las tarjetas se pueden observar las pistas, de manera adicional se han instalado bornes, los cuales permiten conectar y desconectar los terminales eléctricos con facilidad.



Tarjeta de relés



Tarjeta de interruptores eléctricos



Tarjeta de comunicación GPRS



Parte posterior tarjeta de interruptores eléctricos



Parte posterior tarjeta de relés

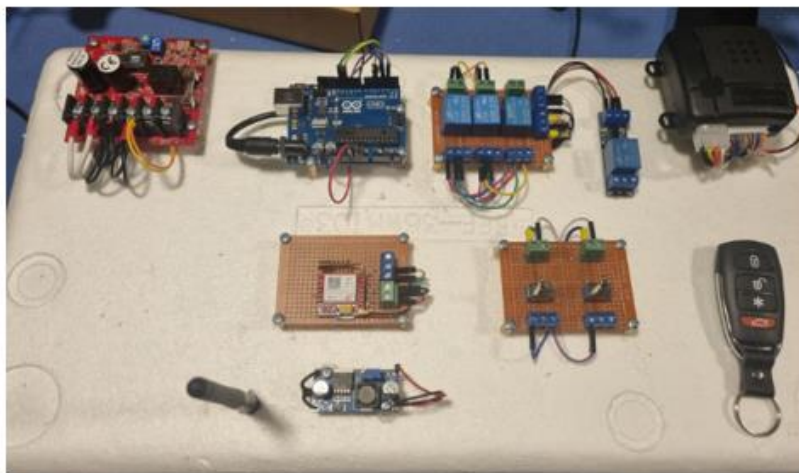
Figura 28. Construcción tarjetas eléctricas y electrónicas.
Fuente: Los autores.

6.5. Maqueta de pruebas

Una vez diseñadas y construidas las tarjetas electrónicas se prosigue con la construcción de una maqueta de pruebas con superficie plana y con doble fondo, en la parte frontal fueron distribuidas y fijadas las tarjetas electrónicas, en la parte posterior del doble fondo se realizaron las conexiones, las conexiones fueron realizadas en el doble fondo con la finalidad de que las conexiones no queden visibles y tampoco expuestas.

La ventaja de fijar las tarjetas electrónicas en la maqueta de pruebas es justamente la facilidad que se tiene para realizar cualquier tipo de cambio en la parte física, de programación o configuración, basta con destornillar y realizar el reemplazo, caso contrario de lo que se hubiese conseguido si las tarjetas electrónicas hubieran sido fijadas en un vehículo de pruebas, en donde hubiese sido necesario desmontar las protecciones plásticas del vehículo para poder acceder a las tarjetas electrónicas incurriendo en la probabilidad de dañar los seguros plásticos del vehículo cada vez que se hubiese necesitado acceder a las tarjetas electrónicas.

En la figura 29 se puede observar el proceso de distribución de espacios, fijación de tarjetas electrónicas, interconexión entre tarjetas eléctricas, electrónicas y alarma vehicular, una vez finalizada la interconexión los cables quedaron ocultos.



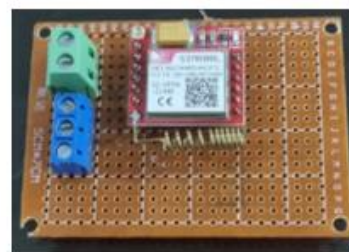
Maqueta de pruebas



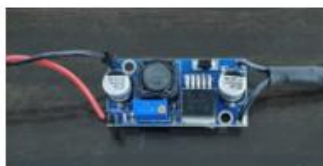
Tarjeta de interruptores eléctricos



Tarjeta de relés



Tarjeta de comunicación GPRS



Módulo Step Down



Fuente de alimentación



Alarma vehicular

Figura 29. Asignación de espacios para las tarjetas electrónicas e interconexión de dispositivos.
Fuente: Los autores.

6.6. Modulo SIM 800L

Mediante la utilización del módulo SIM 800L se podrá establecer la comunicación celular con el prototipo de la alarma vehicular, a través de este dispositivo se podrán enviar y recibir los mensajes SMS que se van a ir generando en el prototipo de la alarma vehicular, para energizar el módulo SIM 800L es necesario adquirir un regulador de voltaje Step Down, este dispositivo permite disminuir el voltaje a través de un potenciómetro que viene incorporado en su estructura, el módulo SIM 800L está diseñado para trabajar en un rango de voltaje de 3.3VDC a 4.4VDC, sin embargo en las pruebas realizadas se ha podido comprobar que con un voltaje de 3.7VDC el módulo presenta inconvenientes en la señal, la señal es bastante débil y los mensajes tardan en ser recibidos y enviados, el voltaje sugerido para su funcionamiento es de 4.3VDC, con el voltaje mencionado el dispositivo trabaja correctamente y los mensajes se envían y se reciben rápidamente.

En la figura 30, se puede observar el módulo SIM 800L fijado en un protoboard y conectado con el Arduino UNO, en este escenario se desea comprobar el rango de alimentación que logre la estabilidad para la señal.

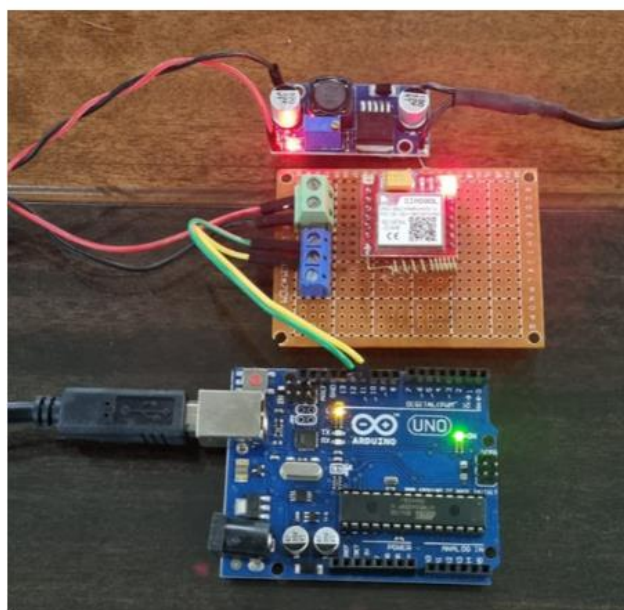


Figura 30. Energización del módulo SIM 800L con conexión a la placa Arduino UNO.

Fuente: Los autores.

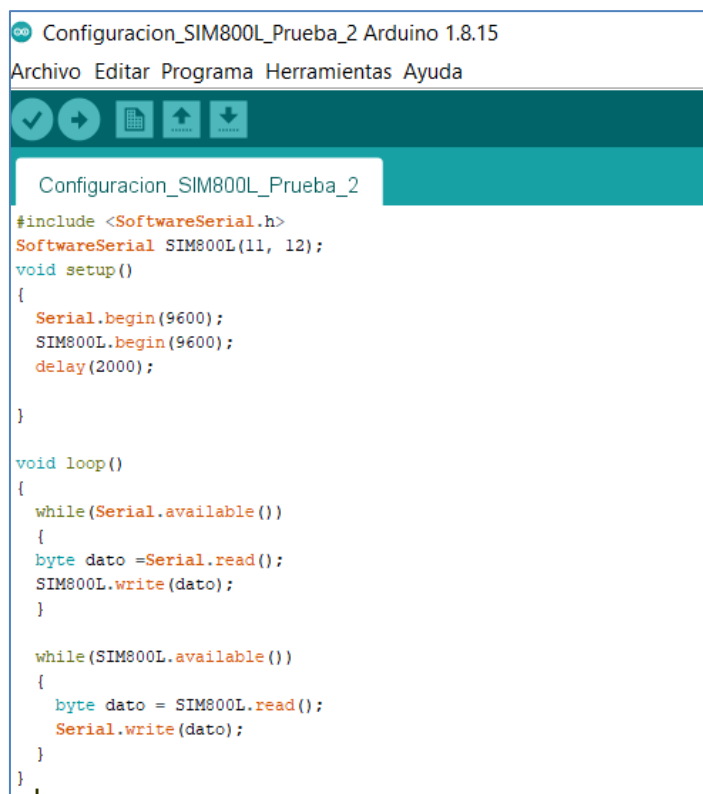
6.6.1. Pruebas del módulo SIM800L

Para utilizar el módulo SIM800L y tener la comunicación vía celular es necesario desarrollar un programa de control para el Arduino. Este programa que permite probar al módulo mediante Arduino es desarrollado en su propio IDE, y comprende en utilizar una terminal de instrucciones por texto que, mediante Arduino, permite el manejo del módulo SIM800L por comandos AT.

Este programa terminal, que corre en la computadora desde el IDE, se lo muestra en la figura 31; se debe considerar que para poder programar y tener la comunicación terminal(computadora)-Arduino-SIM800L en la programación es necesario la inclusión de una librería llamada Software Serial, la cual permite la comunicación de tipo serial por los pines digitales de Arduino (en nuestro caso los pines 11 y 12).

Como se mencionó, la programación del Arduino es necesaria para tener el control del módulo de comunicaciones SIM800L a través de los comandos AT, una vez en funcionamiento, se realizaron las pruebas respectivas de comunicación celular con las tres operadoras que existen actualmente en nuestro mercado operadoras CNT, TUENTI y CLARO.

Luego de varias pruebas para poder determinar con que operadora mantiene mejor la comunicación, con la que mejor funcionó el módulo SIM 800L es con la operadora CLARO.



```

Configuracion_SIM800L_Prueba_2 Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Configuracion_SIM800L_Prueba_2
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM800L(11, 12);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SIM800L.begin(9600);
  delay(2000);
}

void loop()
{
  while(Serial.available())
  {
    byte dato =Serial.read();
    SIM800L.write(dato);
  }

  while(SIM800L.available())
  {
    byte dato = SIM800L.read();
    Serial.write(dato);
  }
}

```

Figura 31. Comunicación entre Arduino y el módulo SIM 800L.
Fuente: Los autores.

Una vez establecida la comunicación entre el Arduino y el módulo SIM 800L se pueden enviar los comandos AT para verificar que el módulo se haya conectado con la operadora celular, para esto en el terminal llamado Monitor Serial, del propio IDE del Arduino, se debe escribir los siguientes comandos de control AT:

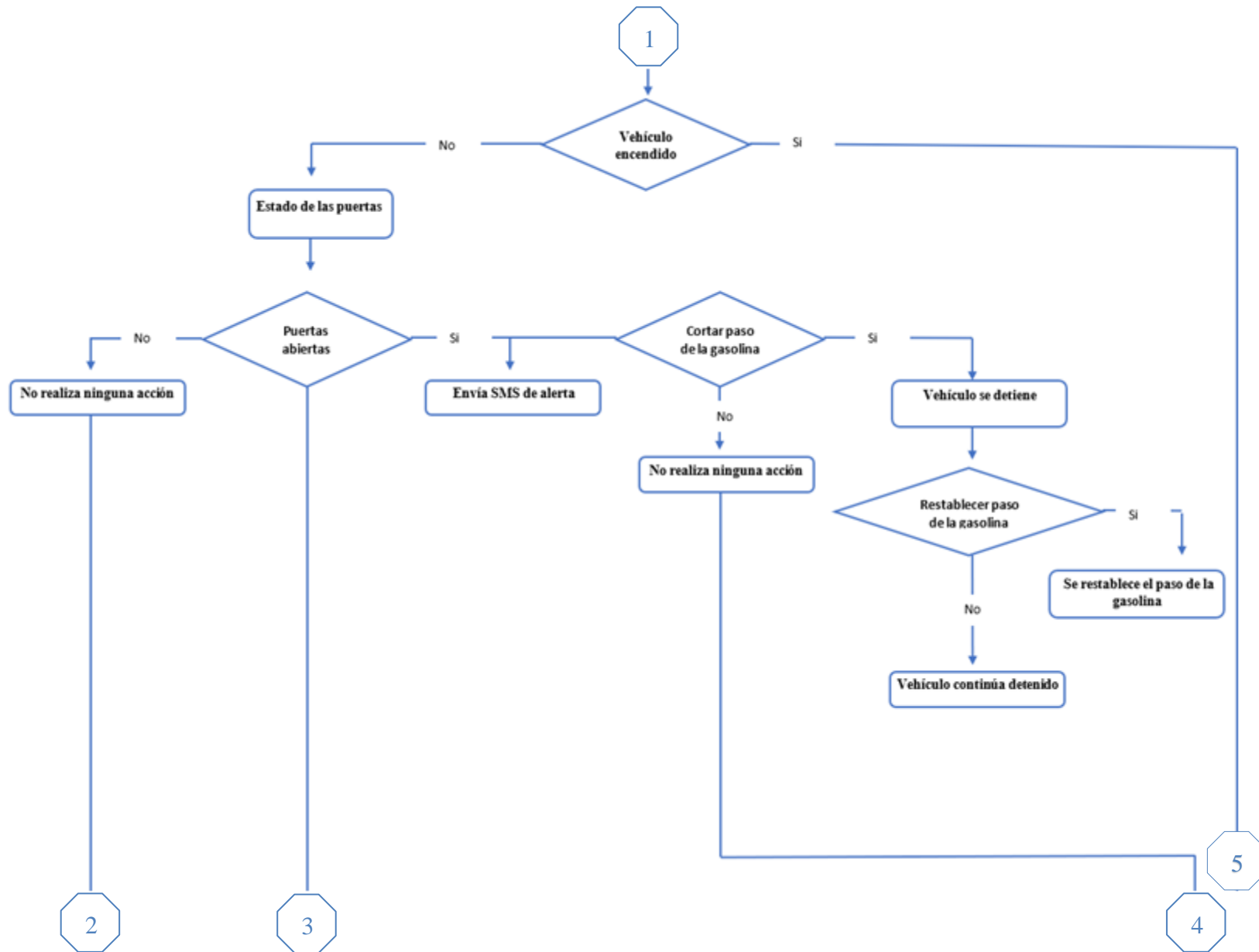
Comando	Mensaje en pantalla	Significado
AT	OK	El módulo está en línea.
AT+CGREG?	0,2	Si está conectado a la red.
AT+COPS=?	Claro/Movistar/Tuenti	Operadoras disponibles.
AT+COPS?	Tuenti	Muestra a la operadora que está conectado.
AT+CSQ	0,0	Muestra el nivel de señal.

Tabla 4. Comandos AT para pruebas de funcionamiento del SIM800L.
Fuente: Los autores.

6.7. Diagrama de flujo del proyecto

Para poder mostrar de una manera macro el funcionamiento del microcontrolador en la placa Arduino UNO se ha elaborado un diagrama de flujo. En las figuras 32, se puede apreciar el flujograma, el cual sirve para poder observar de una manera más general el funcionamiento del prototipo de la alarma vehicular.





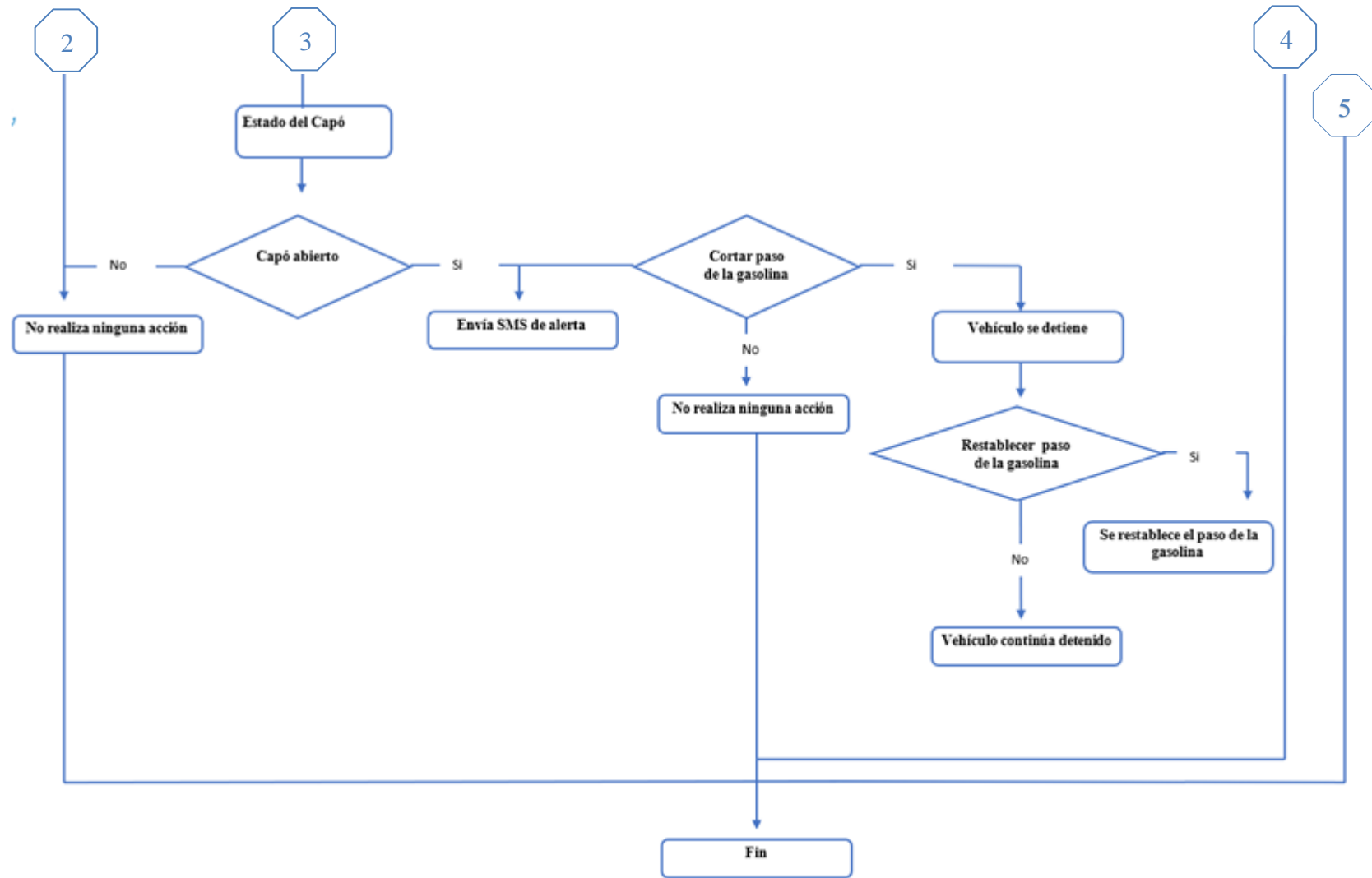


Figura 32. Diagrama de Flujo del proyecto.
Fuente: Los autores.

6.8. Código fuente

Establecida la lógica del proyecto en el diagrama de flujo, se procede con la programación del microcontrolador de la placa Arduino UNO. Recordemos que la plataforma Arduino se programa con un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing, lo que significa que es similar a C++.

Para llevar a cabo la elaboración de código fuente se ha empezado con la declaración de variables, inicialmente se han declarado 3 variables de tipo entero que son: *puertas*, *capo* y *corte_gasolina*. Es importante recalcar que para que se pueda establecer la comunicación entre el Arduino y la computadora o laptop con la que se programa, se debe declarar la función *serial.begin* y entre paréntesis *9600* que será la velocidad de transmisión en bits por segundo, que es la velocidad típica para la comunicación entre el PC y el Arduino, sin embargo, se puede configurar distintas velocidades.

En la función de configuración obligatoria y declarada de tipo vacío llamada *void setup*, dentro de la lógica del programa desarrollado en Processing, se ha declarado, de los pines digitales de la placa Arduino UNO, que los pines 2 y 3 serán entradas y el pin 4 será salida.

La función de repetición llamada *void loop*, es la que contiene todo el código de programación que se repetirá indefinidamente mientras esté energizado el Arduino, inicialmente se realiza la utilización de una instrucción de repetición *while* para hacer una comparación con relación al estado del vehículo, si el vehículo está apagado se continúa con el código, en el caso de que el vehículo esté encendido no se realiza ninguna acción. En seguida se utiliza la estructura de control condicional *IF* para realizar una comparación verdadera en el pin digital #2 perteneciente al estado de las puertas, si se produce una intrusión el usuario dueño

del vehículo recibirá un mensaje de texto indicando una alerta de puertas abiertas, posteriormente se utiliza la estructura de control condicional *Else-If* realizando una comparación del estado del pin digital # 3 perteneciente al capó, si se produce una intrusión el usuario dueño del vehículo recibirá un mensaje de texto indicando una alerta de capó abierto.

Seguidamente se utiliza una vez más la estructura de control condicional *Else-If* para realizar una comparación de la disponibilidad de datos en el módulo SIM 800L, si este es el caso se asignará un valor *SIM800LreadString* a la variable *corte_gasolina*, luego se utiliza una vez más la estructura de control condicional *If* para realizar una búsqueda de la palabra *ON* dentro de un string, si la palabra *ON* es encontrada se activará el corte de la alimentación al paso de la gasolina, una vez activado el corte del paso de la gasolina, se lo puede restablecer, esto se lo consigue con la utilización de la estructura de control condicional *Else*, si en la búsqueda de la palabra *ON* se detecta un valor distinto como por ejemplo la palabra *OFF* el corte del paso de la gasolina se restablecerá.

A continuación se presenta todo el código de programación desarrollado en el IDE de Arduino, utilizando Processing que controla al microcontrolador de la placa Arduino UNO y eses el cerebro del proyecto prototipo de la alarma vehicular:

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial SIM800L(11, 12); // Se incluye la librería software Serial, la cual permite la comunicación serial por otros pines digitales de Arduino en este caso el 11 y el 12.
```

```
String corte_gasolina; // Declaramos la variable tipo string, esto con la finalidad de que esta variable almacene un texto, en este caso la palabra ON
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600); // Inicializando la comunicación entre la laptop y el Arduino
```

```
    //while(!Serial);
```

```
    SIM800L.begin(9600); // Inicializamos la comunicación con el Módulo SIM 800L
```

```
    SIM800L.println("AT"); //Comandos para la salida del corte de gasolina
```

```
    delay(2000);
```

```
    SIM800L.println("AT+CMGF=1"); //Comandos para configurar el módulo en modo texto.
```

```
    delay(2000);
```

```
    SIM800L.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); //Comandos para la salida del corte de gasolina
```

```
    pinMode(2, INPUT); // Puertas
```

```
    pinMode(3, INPUT); // Capó
```

```
    pinMode(4, INPUT); // Activador corte paso de la gasolina
```

```
    pinMode(5, OUTPUT); // Relé que corta el paso de la gasolina
```

```
    pinMode(6, INPUT); // Estado del vehículo. El sistema debe funcionar únicamente cuando el vehículo está apagado
```

```
}
```

```
void loop() {

  int estado = digitalRead(6);
  while (estado == 0) { // Cuando el vehículo está apagado te da 0VDC, y es ahí cuando se debe ejecutar el código, cuando el
  vehículo enciende ignición entrega 12VDC y es ahí cuando no debe funcionar.

    int puertas = digitalRead(2);

    int capo = digitalRead(3); // Anulado temporalmente

    // corte_gasolina = digitalRead(5); // Anulado temporalmente

    if (puertas == 1) {

      Serial.println("Alarma puertas");

      Serial.println("Enviando mensaje..");

      SIM800L.write("AT+CMGF=1\r\n"); //Se establece el formato de SMS en ASCII y comando para SMS
      delay(1000);

      SIM800L.write("AT+CMGS=\"+593999234267\"\r\n"); //Comando para un nuevo SMS al número establecido, aquí va el número de destino
      delay(1000);

      SIM800L.write("ALERTA!!! Alarma Puertas"); //Contenido del SMS
      delay(1000);

      SIM800L.write((char)26); //Enviar Ctrl+Z
      delay(1000);

      Serial.println("SMS enviado.");

    } else if (capo == 1) {

      Serial.println("Alarma capó"); // Texto para la activación
      Serial.println("Enviando mensaje...");

      SIM800L.write("AT+CMGF=1\r\n"); //Se establece el formato de SMS en ASCII y comando para SMS
      delay(1000);
```

```
SIM800L.write("AT+CMGS="+593999234267+"\r\n"); //Comando para un nuevo SMS al número establecido, aquí va el número de destino
delay(1000);

SIM800L.write("ALERTA!!! Alarma Capó"); //Contenido del SMS
delay(1000);

SIM800L.write((char)26); //Enviar Ctrl+Z
delay(1000);

Serial.println("SMS enviado.");

} else if (SIM800L.available()) {

  corte_gasolina = SIM800L.readString();

  if (corte_gasolina.indexOf("ON") >= 0) {

    digitalWrite(5, HIGH);
    Serial.println("Corte Activado");
    delay(2000);

  } else {

    digitalWrite(5, LOW);
    Serial.println("Corte desactivado");
    delay(2000);

  }
}
}
```

6.9. Pruebas del prototipo de la alarma vehicular

El prototipo de la alarma vehicular fue conectado en el vehículo de pruebas y sometido a experimentos de funcionamiento, dentro de las cuales se consideraron la apertura de las puertas, apertura de capó, corte y restablecimiento del paso de la gasolina, los resultados obtenidos fueron totalmente positivos.

Adicionalmente se hicieron pruebas de movilidad en un tramo de 8 cuadras con el prototipo instalado y funcionando en el interior del vehículo, posteriormente se verificó la temperatura de las tarjetas electrónicas y de comunicación, y en ningún momento se pudo evidenciar recalentamiento o un mal funcionamiento por el aumento de la temperatura.

Un punto importante a resaltar es el tema de la comunicación celular mediante el módulo SIM 800L, en ocasiones el módulo tarda en establecer la comunicación con la operadora celular independientemente del chip que tenga conectado, en las pruebas realizadas se pudo evidenciar que en el sector que se hicieron las pruebas (Monjas Alma Lojana) el chip CNT fue con el cual pudo establecer la comunicación de manera más rápida y estable, a diferencia del chip Claro con el cual no pudo establecer la comunicación celular en ningún momento, la recepción y envío de eventos depende mucho de las redes celulares.

El prototipo de la alarma vehicular fue fijado en una maqueta de pruebas, en donde la longitud y alto de la maqueta alcanza un gran tamaño, calza en la mitad del maletero del vehículo, las dimensiones del prototipo pueden ser disminuidas para poder optimizar espacio en el maletero, esto diseñando y mandando a fabricar las tarjetas electrónicas y utilizando, en la medida de lo posible, elementos electrónicos superficiales conocidos como componentes SMD.

Para poder llevar a cabo la conexión del prototipo de la alarma vehicular en el interior del vehículo de pruebas fue necesario enrutar cables para la alimentación y la comunicación desde la parte frontal del vehículo hacia la parte posterior del vehículo, por lo que, para acceder a la

ruta del cableado, se desmontaron varias protecciones plásticas del vehículo, así como también los asientos de los acompañantes.

Debajo de los asientos de los acompañantes se encuentra situada la alimentación para el paso de la gasolina, en donde se hizo un corte y se conectaron en serie los cables que llegan al módulo de relé del prototipo de la alarma vehicular, el cual mediante un SMS activará o desactivará su salida, obteniendo como resultado que el vehículo detenga su marcha por falta de gasolina.

De acuerdo con lo investigado en el centro de Revisión Técnica Vehicular Guajaló, en donde se mantuvo conversaciones con el personal del centro y con un agente municipal de tránsito, se pudo conocer que en el proceso de la revisión técnica vehicular su atención se enfoca en la parte técnico-mecánica, en donde:

- Se verifica el labrado adecuado de las llantas, y que las llantas tengan un acabado uniforme, es decir que no haya desgaste únicamente en los lados o en el centro.
- Se verifica y se hacen pruebas de las luces delanteras, luces posteriores, luces de parqueo, para aprobar su luminosidad, su alineación y así evitar encandilamiento o que a su vez las luces estén demasiado bajas y no alumbren lo suficiente.
- Uno de los principales puntos es que la suspensión este en buen estado, ya que es la que determina la fijación al suelo.
- También se verifica la emisión de gases, las emisiones altas hacen que los vehículos no aprueben la revisión técnica vehicular.

Con respecto a la instalación de alarmas de seguridad con bloqueos en volante, encendido de tablero eléctrico o corte del paso de la gasolina, se nos indicó que no hay ningún

inconveniente y que únicamente se debe explicar al técnico a cargo de la revisión técnica vehicular como activar y desactivar esa protección, esto con la finalidad de que ese implemento no cause problemas al momento de que el vehículo ingrese a la revisión.

Según lo consultado al agente de tránsito, no existe ninguna Ley que prohíba la modificación en el sistema eléctrico, o instalación de seguridades tecnológicas o electrónicas en los vehículos, no obstante mencionó que el instalar luces alógenas con demasiada intensidad y que con esto encandile a los conductores de los demás vehículos sí pudiera ser sujeto de multa, ya que en ese caso si existe una Ley establecida.

Por lo tanto, no existe ningún impedimento legal en nuestro país que impida instalar nuestro proyecto en los vehículos.

A continuación se puede observar un cuadro con el detalle de las pruebas realizadas:

PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE LA ALARMA VEHICULAR EN EL VEHÍCULO DE PRUEBAS				
DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS	RESULTADOS	EXITOSO	CANTIDAD DE PRUEBAS	PORCENTAJE
Apertura de puertas	Se activa la alarma sonora y el mensaje es recibido rápidamente en el número celular registrado	SI	10	100%
Apertura de capó	Se activa la alarma sonora y el mensaje es recibido rápidamente en el número celular registrado	SI	10	100%
Corte del paso de la gasolina	El mensaje tarda un poco en ser receptado por el módulo SIM 800L, sin embargo los SMS siempre son receptados por el módulo SIM 800L, el vehículo detiene su marcha en menos de 100m	SI	10	100%
Restablecimiento del paso de la gasolina	El mensaje tarda un poco en ser receptado por el módulo SIM 800L, sin embargo los SMS siempre son receptados por el módulo SIM 800L, el paso de la gasolina se restablece	SI	10	100%

**Tabla 5. Detalle de las pruebas realizadas en el vehículo de pruebas.
Fuente: Los autores.**

En la siguiente figura número 33, se puede observar la ruta del cableado para la interconexión con la alarma vehicular de inicio a fin y observada con las puertas del vehículo cerradas, esto con la finalidad de poder observar sin obstáculos la ruta que fue dispuesta para la implementación.



Figura 33. Muestra de la ruta para la implementación del cableado.
Fuente: Los autores.

En la siguiente figura 34, se puede observar el cableado ya implementado desde el inicio hasta el fin, el cable UTP flexible de color azul es la referencia para observar la ruta.



Figura 34. Implementación del cableado.
Fuente: Los autores.

En la siguiente figura 35, se puede observar la identificación del cable positivo que alimenta a la bomba de la gasolina, esta identificación se la pudo realizar utilizando el multímetro, también se puede observar el empalme y soldadura con estaño entre un extremo del cable positivo y el cable que va hacia el relé, y para finalizar se puede apreciar el aislamiento del empalme con espiral térmica.



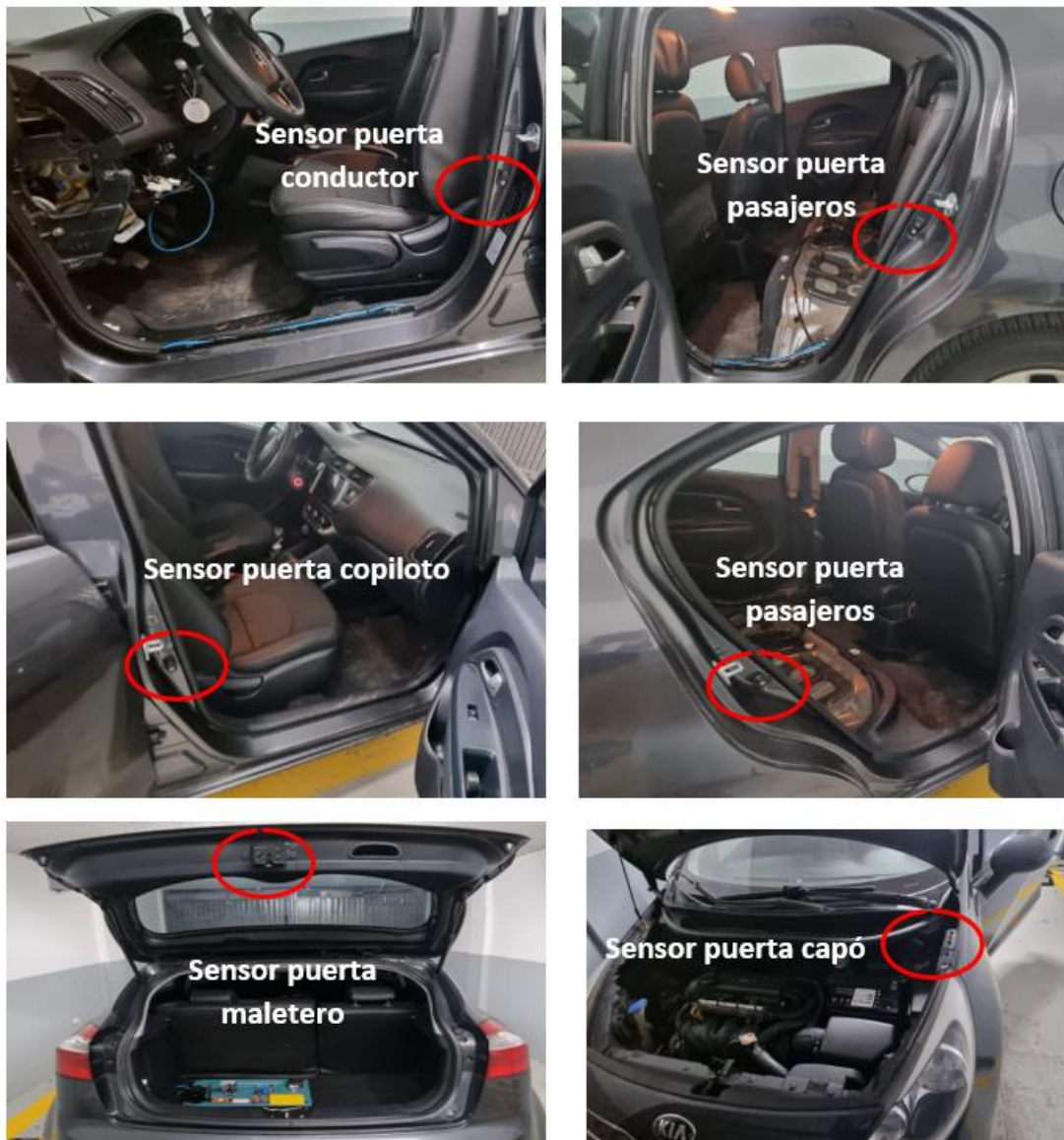
Figura 35. Identificación del cable para el corte del paso de la gasolina, soldadura y aislamiento.
Fuente: Los autores.

En la siguiente figura 36, se puede observar la ubicación de los sensores pertenecientes a las puertas, al maletero y al capó, estos dispositivos vienen incorporados de fábrica en el vehículo y su función principal es la de enviar señales que indican su estado, es decir, indican si están abiertas o cerradas.

En las pruebas realizadas con el vehículo encendido se ha podido comprobar que si una puerta permaneciera abierta, el vehículo mostrará un mensaje en el tablero de control con el símbolo de las puertas abiertas, el símbolo de puertas abiertas desaparece cuando se cierran de manera correcta todas las puertas.

Es importante mencionar que el vehículo de pruebas no contaba con el sensor en el capó, es decir no vino con ese sensor de fábrica, por tal motivo fue necesario adquirir un sensor acoplarlo e implementarlo al funcionamiento del sistema de la alarma vehicular.

El prototipo de la alarma vehicular mediante conexiones físicas realizadas entre el prototipo de la alarma vehicular y el vehículo captura estas señales para generar las alertas de intrusión en puertas, capó, y a través de la comunicación GPRS mediante la utilización del módulo SIM 800L son enviadas al celular del usuario final.



**Figura 36. Ubicación de los sensores en los accesos del vehículo.
Fuente: Los autores.**

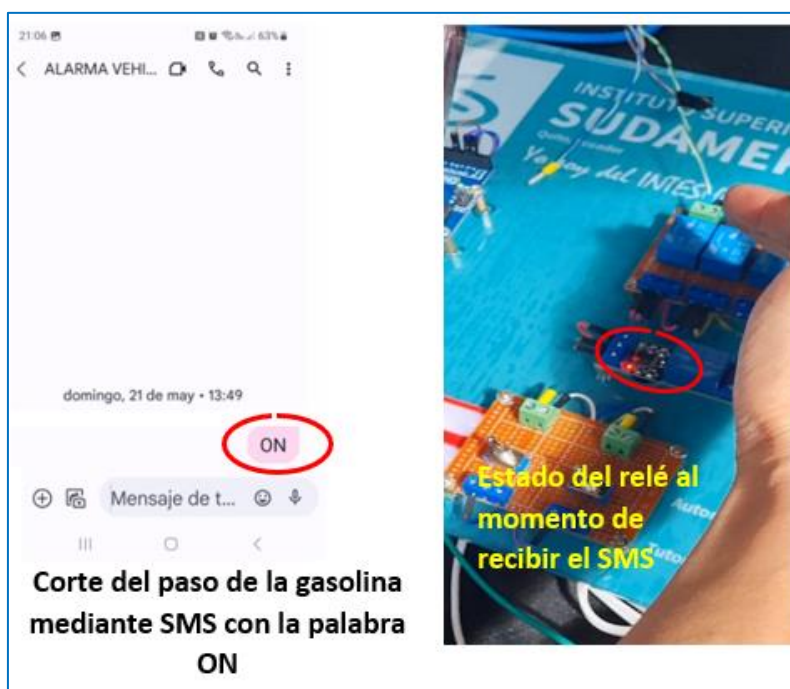
En la siguiente figura 37, se puede apreciar los resultados de las pruebas realizadas simulando una intrusión en las puertas y el capó.



Figura 37. Detalle de las pruebas de intrusión en el capó y puertas.
Fuente: Los autores.

En la siguiente figura 38, se puede apreciar los resultados de las pruebas realizadas aplicando el envío de SMS para cortar y restablecer el paso de la gasolina en el vehículo de pruebas, es importante mencionar que el mensaje con la palabra ON debe ser escrito en mayúsculas sin dejar espacios, el mensaje con la palabra OFF puede ser escrito con mayúsculas o con minúsculas.

En el caso de escribir la palabra ON en minúsculas o con espacios el corte del paso de la gasolina no se ejecutará, caso distinto al momento de escribir la palabra OFF en donde puede ser redactada con minúsculas o mayúsculas o con espacios ya que el restablecimiento del paso de la gasolina se ejecutará de todos modos.



(a)



(b)

Figura 38. Detalle de las pruebas realizadas enviando el SMS con las palabras ON (a) y OFF (b) para el corte y restablecimiento del paso de la gasolina.

Fuente: Los autores.

A continuación se puede observar un resumen con el significado de los mensajes que se reciben desde el prototipo de la alarma vehicular y que el usuario podrá visualizar en la pantalla de su celular:

Mensajes que se reciben desde prototipo de la alarma vehicular en el vehículo Kia Rio R 2015				
Ítem	Dispositivo	Ubicación	Mensaje SMS recibido	Significado
1	Sensor de la puerta del conductor	Marco de la puerta del conductor	Alarma puertas	Intrusión
2	Sensor de la puerta del copiloto	Marco de la puerta copiloto	Alarma puertas	Intrusión
3	Sensor de la puerta del acompañante lado del conductor	Marco de la puerta de los acompañantes de lado del conductor	Alarma puertas	Intrusión
4	Sensor de la puerta del acompañante lado del copiloto	Marco de la puerta de los acompañantes de lado del copiloto	Alarma puertas	Intrusión
5	Sensor de la puerta del maletero	Parte móvil de la puerta maletero	Alarma puertas	Intrusión
6	Sensor de la puerta del capó	Marco de la puerta del capó	Alarma capó	Intrusión

Tabla 6. Mensajes que se reciben desde el prototipo de la alarma vehicular.
Fuente: Los autores.

A continuación se puede observar un resumen con el significado de los mensajes que se enviarán desde el celular hacia el prototipo de la alarma vehicular, y que el usuario deberá tomar en cuenta para que las acciones de corte y restablecimiento se puedan ejecutar:

Mensajes que se envían desde el celular al prototipo de la alarma vehicular en el vehículo Kia Rio R 2015				
Ítem	Dispositivo	Ubicación	Mensaje SMS enviado	Significado
1	Módulo de relé	Dentro del prototipo de la alarma vehicular	ON	Corte del paso de la gasolina
2	Módulo de relé	Dentro del prototipo de la alarma vehicular	OFF/ off/ Off	Restablecimiento del paso de la gasolina

Tabla 7. Mensajes que se envían desde el celular al prototipo de la alarma vehicular.
Fuente: Los autores.

6.10. Costos

6.10.1. Costos del prototipo de la alarma vehicular en maqueta

Para la construcción del prototipo de la alarma vehicular en una maqueta de vidrio, fue necesario adquirir distintos componentes eléctricos, electrónicos y de comunicación, esto con la finalidad de simular el comportamiento de la batería del vehículo, sensores de las puertas y del capó.

Por lo tanto, en la maqueta del prototipo de la alarma vehicular se simularon los sensores de las puertas, sensor del capó, esto mediante la utilización de interruptores eléctricos de dos posiciones, N.O. (Normal Open – Normalmente Abierto) y N.C. (Normal Close – Normalmente Cerrado) esto con la finalidad de simular el cierre y la apertura de las puertas y del capó del vehículo. Para poder utilizar un vidrio como maqueta fue necesario adquirir brocas con punta de diamante para perforar su superficie y lograr pasar los cables de un frente al otro.

En la siguiente tabla se puede apreciar el detalle de los componentes utilizados:

COSTO DEL PROTOTIPO DE LA ALARMA VEHICULAR EN MAQUETA			
CANTIDAD	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Alarma vehicular	\$70,00	\$70,00
1	Antena para extender la intensidad de señal	\$5,20	\$5,20
3	Baquelita microperforada	\$0,65	\$1,95
6	Bornera 2 pines verde	\$0,31	\$1,86
8	Bornera 3 pines azul	\$0,31	\$2,48
1	Chip celular Claro	\$5,00	\$5,00
1	Chip celular Tuenti	\$7,00	\$7,00
1	Fuente de alimentación Enforcer	\$34,00	\$34,00
2	Interruptores eléctricos	\$0,80	\$1,60
1	Juego de brocas con punta de diamante	\$27,00	\$27,00
1	Kit cable dupont macho-macho	\$0,39	\$0,39
2	Luz de parqueo LED	\$1,00	\$2,00
1	Microcontrolador Arduino Uno	\$17,00	\$17,00
1	Módulo de relé	\$5,00	\$5,00
1	Módulo SIM 800L	\$11,00	\$11,00
1	Módulo step down	\$3,50	\$3,50
24	Poste metal 2cm	\$0,79	\$18,96
3	Relé de 12VDC	\$0,37	\$1,11
1	Terminales de compresión, canaleta, vidrio, arte, etc.	\$35,00	\$35,00
1	Transformador 16VAC	\$15,00	\$15,00
Subtotal			\$265,05
Iva 12%			\$31,81
Total			\$296,86

Tabla 8. Costos de la construcción del prototipo de la alarma vehicular en una maqueta.
Fuente: Los autores.

6.10.2. Costos para la implementación del prototipo de la alarma vehicular en un vehículo

Para llevar a cabo la implementación del prototipo de la alarma en un vehículo, ya no será necesario hacer uso de la fuente de alimentación, interruptores eléctricos, ya que el vehículo cuenta con estos dispositivos, para poder realizar la interconexión entre el sistema de alarmas del vehículo con el prototipo de la alarma vehicular es necesario enrutar cables eléctricos y de datos desde la parte frontal del vehículo hacia la parte posterior en donde será fijado el prototipo de la alarma vehicular, los costos de las tarjetas eléctricas, electrónicas y de comunicación prevalecerán.

En la siguiente tabla se tiene el detalle de los costos de los dispositivos y el servicio técnico de la instalación, configuración y puesta en marcha:

Costo de la implementación del prototipo de la alarma vehicular en un vehículo			
Cantidad	Dispositivo	Precio unitario	Precio total
1	Antena para extender la intensidad de señal	\$5,20	\$5,20
3	Baquelita microperforada	\$0,65	\$1,95
1	Chip celular Claro	\$5,00	\$5,00
1	Kit cable dupont macho macho	\$0,39	\$0,39
16	Metros de cable automotriz 18AWG rojo, negro, azul, blanco, verde (4m cada color)	\$0,36	\$5,76
1	Microcontrolador Arduino Uno	\$17,00	\$17,00
1	Módulo de relé	\$5,00	\$5,00
1	Módulo SIM 800L	\$11,00	\$11,00
1	Módulo step down	\$3,50	\$3,50
24	Poste metal 2cm	\$0,79	\$18,96

3	Relé de 12VDC	\$0,37	\$1,11
1	Servicio técnico instalación configuración y puesta en marcha	\$130,00	\$130,00
1	Terminales de compresión, cable, cinta aislante, etc.	\$45,00	\$45,00
Subtotal			\$249,87
Iva 12%			\$29,98
Total			\$279,85

Tabla 9. Costos de la implementación del prototipo de la alarma vehicular en un vehículo.
Fuente: Los autores.

Los costos demuestran que el valor de la implementación del prototipo de la alarma vehicular es accesible para el bolsillo de los ecuatorianos, su valor no es elevado, lo cual lo convierte en un sistema competitivo dentro del mercado local.

La relación entre el costo beneficio para la implementación del prototipo de la alarma vehicular lo convierte en un sistema bastante atractivo para ser implementado.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Se investigó y se describieron los diversos conceptos, definiciones, tecnologías, materiales y herramientas necesarias para el diseño e implementación del proyecto prototipo a manera de marco teórico.
- Se diseñó y se desarrolló la electrónica necesaria para controlar el sistema eléctrico del vehículo, logrando la vinculación del prototipo de la alarma vehicular con la alarma del automóvil y el control de la alimentación de la bomba del paso de la gasolina.
- Se diseñó y se programó el código necesario para el circuito de control que fue desarrollado en base a un microcontrolador Arduino UNO.
- Se estableció la comunicación entre el módulo de comunicación SIM 800L de servicio general de paquetes vía radio (GPRS) con el microcontrolador Arduino y se logró el envío correcto de mensajes de texto SMS.
- Se implementó el proyecto prototipo en el vehículo de pruebas mediante la construcción de una maqueta del prototipo de la alarma vehicular.
- Se realizó las pruebas de funcionamiento del prototipo de la alarma vehicular simulando la intrusión en las puertas y capó.
- Se diseñó e implementó un sistema prototipo de alarma vehicular con control del sistema eléctrico, para la detección y aviso en tiempo real de una intrusión vía celular.

7.2. Recomendaciones

- La rapidez de los mensajes de texto depende mucho de la cobertura celular, la que mejores resultados arrojó fue utilizando la empresa Claro, por lo que se sugiere la utilización de los CHIP de las operadoras CLARO o inclusive de TUENTI.
- Para poder contar con un diagrama eléctrico de alta calidad de cualquier tipo de vehículo, es mejor pagar una suscripción y así adquirirlo, ya que los diagramas gratuitos que están disponibles en el Internet tienen resoluciones muy bajas.
- El prototipo de la alarma vehicular desarrollado en maqueta de vidrio es lo suficiente fuerte para ser fijada en el interior del capó del vehículo sin inconvenientes, por lo que el movimiento no será un impedimento para su buen funcionamiento.
- Cuando se realice la recarga celular en CNT se recomienda no adquirir los paquetes, sino hacer una recarga de tiempo aire, esto hará que los mensajes de texto tengan mayor duración, en las pruebas realizadas uno de los paquetes adquiridos caducó en 15 días sin haber hecho uso de los SMS.
- Cuando se hace uso de la señal celular en parqueaderos que están en el interior de subsuelos es bastante probable que la intensidad de señal disminuya o se pierda, por este motivo se sugiere que el usuario final del prototipo de la alarma vehicular haga uso de parqueaderos que se encuentren al nivel de la calle, es decir al aire libre.
- Con la finalidad de reducir el espacio del prototipo de la alarma vehicular es posible enviar a fabricar las tarjetas eléctricas, electrónicas, y de comunicación mediante tecnología SMD (Surface Mount Device), dispositivos de montaje superficial, mediante los cuales se podrá miniaturizar el prototipo de la alarma vehicular.

Referencias

- USA, S.-L. (2 de Febrero de 2023). *SECO-LARM USA Enforcer*. Obtenido de chrome-extension:<https://fenixcomercial.com.co/wp-content/uploads/2022/03/ST-2406-2AQ-ficha-tecnica-Espanol.pdf>
- IDE For Web Developers in 2022. (Mayo de 2023). *IDE For Web Developers in 2022*. Obtenido de IDE For Web Developers in 2022, página web: <https://www.geeksforgeeks.org/10-best-ide-for-web-developers-in-2022/>
- Arca Electrónica. (30 de Enero de 2023). *Módulo GSM/GPRS SIM800L*. Obtenido de Arca Electrónica, página web: <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/modulo-gsm-gprs-sim800l-arduino>
- Arduino. (30 de Enero de 2023). *Arduino UNO*. Obtenido de Arduino, página web: <https://www.arduino.cc/>
- Blog SEAS. (30 de Enero de 2023). *El Relé*. Obtenido de Blog SEAS, página web: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>
- Comandos AT: Introducción, comandos más habituales y ejemplos de configuración. (Mayo de 2023). *Comandos AT: Introducción, comandos más habituales y ejemplos de configuración*. Obtenido de Comandos AT: Introducción, comandos más habituales y ejemplos de configuración, página web: <https://support.emnify.com/hc/es/articles/4401884056466-Comandos-AT-Introducci%C3%B3n-comandos-m%C3%A1s-habituales-y-ejemplos-de-configuraci%C3%B3n>
- Definición. (febrero de 2023). *Definición de Resistencia eléctrica*. Obtenido de Definición, página web: <https://definicion.de/resistencia-electrica/>

Definición. (Marzo de 2023). *Definición de SMS*. Obtenido de Definición, página:

<https://definicion.de/sms/>

Diagrama Kia Rio 2014. (10 de Abril de 2023). Obtenido de Diagrama Kia Rio 2014:

<https://www.facebook.com/105403501178079/photos/pcb.105455774506185/105454831172946/?type=3&theater>

El Mayorista EC. (Marzo de 2023). *Sistema de alarma para auto Kia*. Obtenido de El

Mayorista EC, página web: <https://elmayoristaec.com/sistema-de-alarma-para-auto-kia/>

Electrica, W. C. (Marzo de 2023). Obtenido de Wikipedia Corriente Electrica:

https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_el%C3%A9ctrica#/media/Archivo:Voltage_source_with_metallic_conductor.svg

Energiza corporativo. (15 de febrero de 2023). *Interruptores eléctricos*. Obtenido de Energiza

corporativo, página web: <https://www.energiza.com.mx/blog/que-son-los-interruptores-electricos/>

Guía sintetizada de comandos AT GSM+BT. (Mayo de 2023). *Guía sintetizada de comandos*

AT GSM+BT. Obtenido de Guía sintetizada de comandos AT GSM+BT, página web: <https://blog.330ohms.com/2019/10/18/guia-definitiva-de-comandos-at-gsmbt/>

Impormel. (Marzo de 2023). *Fuente de poder Seco-larm Enforcer*. Obtenido de Impormel,

página web: <http://impormel.com/home/3560-fuente-de-poder-seco-larm-enforcer-st-2406-3aeq-3a-accesos.html>

Infoteknico. (27 de Enero de 2023). *Sistemas de alarma para automóviles*. Obtenido de

Infoteknico, página web: <https://www.infoteknico.com/mejores-alarmas-para-automoviles/>

Ingelecto. (Marzo de 2023). *Símbolos de Resistencia*. Obtenido de Ingelecto, página web:

<https://ingtelecto.com/circuito-de-corriente-directa/>

Ingelecto. (Marzo de 2023). *Símbolos de Voltaje*. Obtenido de Ingelecto, página web:

<https://ingtelecto.com/circuito-de-corriente-directa/>

Lermer21. (Marzo de 2023). *Los Terminales eléctricos*. Obtenido de Lermer21, página web:

<https://lermer21.com/para-que-sirven-los-terminales-aislados/>

Nago electric. (Marzo de 2023). *Terminales eléctricos*. Obtenido de NAGO electric:

<https://nagoperu.com/tipos-de-conectores-automotrices-propiedades-y-terminales/>

Novatronic. (febrero de 2023). *Baquelita perforada*. Obtenido de Novatronic, página web:

<https://novatronic.ec.com/index.php/product/baquelita-perforada-5x7cm/>

Novatronic. (2 de Febrero de 2023). *Novatronic*. Obtenido de

<https://novatronic.ec.com/index.php/product/baquelita-perforada-5x7cm/>

Ohm, W. L. (Marzo de 2023). Obtenido de Wikipedia Ley de Ohm:

https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Ohm

Plan Gobierno Autos. (27 de Enero de 2023). *Diferentes tipos de alarmas para autos*.

Obtenido de Plan Gobierno Autos, página web: [https://plan-](https://plan-gobierno.org/notas/diferentes-tipos-de-alarmas-para-autos/)

[gobierno.org/notas/diferentes-tipos-de-alarmas-para-autos/](https://plan-gobierno.org/notas/diferentes-tipos-de-alarmas-para-autos/)

Programar Facil. (Mayo de 2023). *Programar Facil*. Recuperado el 28 de 03 de 2021, de

Programar Facil, página web: <https://programarfacil.com/blog/arduino->

[blog/processing-wiring-arduino/](https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/processing-wiring-arduino/)

Resistencia, W. (Marzo de 2023). Obtenido de Wikipedia Resistencia:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/Resistencia.png>

Robotics. (Marzo de 2023). *GSM/GPRS MINI SIM800L*. Obtenido de Robotics, página web:

<https://roboticsec.com/producto/gsm-gprs-mini-sim800l/>

Solectro. (Marzo de 2023). *Módulo Relé 12V*. Obtenido de Solectro, página web:

<https://solectroshop.com/es/modulos-rele/340-modulo-rele-12v-10a-de-1-canal-disparo-bajoalto-para-arduino.html>

TECNOCOM. (Mayo de 2023). *TECNOCOM*. Obtenido de TECNOCOM, página web:

<https://tecnocomingenieriasas.com/distancia-de-cobertura-para-sirenas-de-alarma/>

Tiendatec. (Marzo de 2023). *Arduino UNO*. Obtenido de Tiendatec, página web:

<https://www.tiendatec.es/maker-zone/placas-arduino/379-arduino-uno-r3-atmega328p-compatible-cable-usb-b-gratis-8403790020005.html>

TuTelefonia. (Marzo de 2023). *Sistema de comunicación inalámbrico*. Obtenido de

TuTelefonia, página web: <https://www.tutelefonia.com/gprs/>

UNIT electronics. (febrero de 2023). *Cables Dupont*. Obtenido de UNIT electronics, página

web: <https://uelectronics.com/producto/cables-dupont-largos-20cm-hh-mh-mm/>

Verizon connect. (Marzo de 2023). *GPS/GPRS*. Obtenido de Verizon connect, página web:

<https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-es-gprs/>

Voltaje, W. (Marzo de 2023). Obtenido de Wikipedia Voltaje:

https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_%28electricidad%29#/media/Archivo:High_voltage_warning.svg

Wikipedia. (febrero de 2023). *Bornera o regleta*. Obtenido de Wikipedia, página web:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Clema>

Wikipedia. (Marzo de 2023). *Corriente eléctrica*. Obtenido de Wikipedia, página web:

https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_el%C3%A9ctrica

Wikipedia. (Marzo de 2023). *Historia del SMS*. Obtenido de Wikipedia, página web:

https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_SMS

Wikipedia. (Marzo de 2023). *Ley de Ohm Organigrama*. Obtenido de Wikipedia, página web:

https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Ohm#/media/Archivo:Ley_de_ohm_-_Organigrama.jpg

Wikipedia. (Marzo de 2023). *Los primeros equipos GSM de 1991*. Obtenido de Wikipedia, página web:

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles#Historia_y_desarrollo

Wikipedia. (Marzo de 2023). *Voltio*. Obtenido de Wikipedia, página web:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Voltio>

Zona de seguridad. (Marzo de 2023). *Fuente de Alimentación 6/12/24 V- 3 Amp*. Obtenido de

Zona de seguridad, página web: <https://zds.com.uy/productos/671-ST-2406-3AQ.html>

Anexos

Anexo 1: Datasheet Arduino UNO

Anexo 2: Datasheet Módulo SIM 800L

Anexo 3: Módulo Stepdown Tekmicro

Anexo 4: Datasheet Relé