

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
DE SEGURIDAD PARA MOTOCICLETAS IMPLEMENTANDO
MÓDULO DE RADIO FRECUENCIA RFID.

SANTIAGO MUÑOZ GUTIERREZ
CESAR ALEJANDRO BARÓN MORENO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA BOYACÁ
2025-1

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
DE SEGURIDAD PARA MOTOCICLETAS IMPLEMENTANDO
MÓDULO DE RADIO FRECUENCIA RFID.

SANTIAGO MUÑOZ GUTIERREZ
CESAR ALEJANDRO BARÓN MORENO

Libro presentado como opción de grado
(trabajo de grado académico)
Para optar por el título de Ingenieros mecánicos

Director. Ing. German Andrés Gutierrez Arias
Codirector. Ing. Carlos Andrés Aguirre

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA BOYACÁ
2025-1

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Tunja, Boyacá 11/11/2025

DEDICATORIAS

A Dios por darnos la fuerza y la perseverancia para llegar a este punto. A nuestras familias, especialmente a nuestros padres, por su amor incondicional, por ser el apoyo en cada etapa de nuestro camino y por enseñarnos la determinación y compromiso. Finalmente, dedicamos este trabajo a los que confiaron en nosotros, que nos motivaron a continuar, contribuyendo a este logro.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que, de alguna forma, posibilitaron la realización de este trabajo.

Primero, damos gracias a Dios por darnos la fuerza, la salud y la sabiduría necesarias para superar los desafíos de este proceso.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres, por su incondicional apoyo emocional y económico durante todos estos años de estudio. Gracias por su paciencia, comprensión y por ser una fuente constante de motivación.

A nuestro director Germán Andrés Gutiérrez por sus invaluable orientaciones, sugerencias y confianza en nuestras capacidades. Su experiencia y compromiso fueron cruciales para la realización de este trabajo.

A nuestros profesores y compañeros de la Universidad de Santo Tomás que han contribuido a nuestra formación personal y profesional con sus enseñanzas y aportes.

A nuestros amigos que nos han acompañado en este camino y nos han brindado su apoyo, comprensión y consejos en momentos difíciles.

Gracias a todos por su contribución a este importante capítulo de nuestras vidas.

CONTENIDO

RESUMEN _____	15
ABSTRACT _____	16
INTRODUCCIÓN _____	17
1.GENERALIDADES _____	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	18
1.2 JUSTIFICACIÓN _____	19
1.3 OBJETIVOS _____	20
1.5 METODOLOGÍA _____	20
1.6 HIPÓTESIS _____	22
1.7 MARCO CONCEPTUAL _____	23
1.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES _____	29
1.9 COSTOS Y PRESUPUESTOS _____	31
1.10 IMPACTOS _____	33
2 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DEL CLIENTE _____	35
2.1 IDENTIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD EN LA MOTOCICLETA. _____	35
2.2 SOLUCIONES EXISTENTES EN EL MERCADO. _____	40
2.3 DISPOSITIVOS MÁS USADOS EN EL MERCADO. _____	43
3 DISEÑO DEL DISPOSITIVO EN CALIDAD DE PROTOTIPO. _____	48
3.1 ESTABLECER PUNTOS A FORTALECER DE LA MOTOCICLETA. _____	48
3.2 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE COMPONENTES. _____	48
3.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL DISPOSITIVO. _____	61
4 ETAPA DE FABRICACIÓN _____	63
4.1 ADQUISICIÓN MÓDULOS Y COMPONENTES. _____	63
4.2 ENSAMBLE Y CONEXIÓN DE COMPONENTES EN PRIMERA FASE. _____	66
4.3 DEFINICIÓN DE COMUNICACIÓN CON EL PROTOTIPO. _____	69
4.4 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL PROTOTIPO EN PRIMERA FASE. _____	72
4.6 DESCRIPCIÓN APLICACIÓN MECÁNICA DEL PROYECTO. _____	84
5 ETAPA DE EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO _____	86
5.1 EVALUAR PRESENTACIÓN VISUAL Y FÍSICA DEL PROTOTIPO. _____	86

5.2 PRUEBA DE INTERACCIÓN DE COMUNICACIÓN SMS Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.	88
5.3 EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO.	99
CONCLUSIONES	102
ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Placa arduino UNO	26
Ilustración 2. Modulo A7670SA	27
Ilustración 3. Conversor lógico.	27
Ilustración 4. Sensor de vibración.	28
Ilustración 5. Relé	28
Ilustración 6 Modulo RFID	29
Ilustración 7 Segmentación grafica de la motocicleta, secciones a analizar.	35
Ilustración 8. Seguro atreves de pasador.	36
Ilustración 9. Vista sistema de frenado y amortiguación.	37
Ilustración 10. Vista sistema eléctrico y electrónico de la motocicleta.	37
Ilustración 11. Vista sistema de accionamiento bomba freno trasero.	38
Ilustración 12. Vista sistema de accionamiento de transmisión.	38
Ilustración 13. Vista continuación del sistema de freno trasero (Disco).	39
Ilustración 14. Vista sistema de transmisión de potencia.	39
Ilustración 15. Candado de disco.	40
Ilustración 16. Candado de bloqueo de manillar.	41
Ilustración 17. GPS y apagado remoto.	42
Ilustración 18. Pregunta 1 encuesta comparativa.	45
Ilustración 19. Pregunta 2 encuesta comparativa.	45
Ilustración 20. Pregunta 3 encuesta comparativa.	46
Ilustración 21. Pregunta 4 encuesta comparativa.	47
Ilustración 22. Pregunta 5 encuesta comparativa.	47
Ilustración 23. Diagrama de conexiones	62

Ilustración 24. Modulo Arduino. _____	63
Ilustración 25. Conexiones de corriente y de transferencia de datos del módulo A7670SA. _____	64
Ilustración 26. Conexiones de corriente y de datos del relé. _____	64
Ilustración 27. Conversor lógico bidireccional de 5 a 3,3 voltios. _____	65
Ilustración 28. Módulo RFID, conexiones de voltaje y datos. _____	65
Ilustración 29. Sensor de vibraciones y sus conexiones. _____	66
Ilustración 30. Conexión Arduino a protoboard, de 3,3 y 5 voltios, además del negativo. _____	67
Ilustración 31. Conexión del módulo a7670sa con el regulador de voltaje y el Arduino. _____	67
Ilustración 32. Integración del módulo infrarrojo. _____	68
Ilustración 33. Implementación de módulos relé. _____	68
Ilustración 34. Montaje completo con el módulo RFID. _____	69
Ilustración 35. Diagrama de flujo código de comunicación. _____	71
Ilustración 36 Carcasa protectora, tapa superior, vista superior del prototipo primera fase. _____	72
Ilustración 37 Carcasa protectora, tapa superior, vista inferior del prototipo primera fase. _____	73
Ilustración 38. Carcasa protectora, tapa inferior del prototipo primera fase. _____	73
Ilustración 39. Carcasa impresa en 3D, tapas cerradas. _____	74
Ilustración 40. Plano ejemplo de ensamble carcasa, tapas cerradas. _____	75
Ilustración 41. Carcasa impresa en 3D, tapa superior abierta módulos ensamblados. _____	76
Ilustración 42. Rediseño diagrama de conexiones. _____	77
Ilustración 43. Diseño de PCB software proteus. _____	78
Ilustración 44. Carcasa protectora tapa superior, vista superior del prototipo segunda fase. _____	79

Ilustración 45. Carcasa protectora tapa superior, vista inferior del prototipo segunda fase. _____	80
Ilustración 46. Carcasa protectora, tapa inferior base del prototipo segunda fase.	80
Ilustración 47. Carcasa de protección fabricada. _____	81
Ilustración 48. Placa en cobre 15x15 cm, fabricación fresada CNC. _____	82
Ilustración 49. Placa con daños por soldadura ineficiente. _____	83
Ilustración 50. Circuito y conexiones en PCB ensamblados en la PCB. _____	83
Ilustración 51. Ensamble general del prototipo con tapa abierta. _____	84
Ilustración 52. Envío SMS comando encender. _____	89
Ilustración 53. Envío SMS comando apagar. _____	90
Ilustración 54. Envío SMS comandos Alarmaon y Alarmaoff. _____	91
Ilustración 55. Envío SMS comando GPS. _____	92
Ilustración 56. Verificación de coordenadas comando GPS. _____	93
Ilustración 57. Circuito montado. _____	95
Ilustración 58. Indicador de encendido del circuito. _____	95
Ilustración 59. Indicador de encendido por SMS y RFID. _____	96
Ilustración 60. Led rojo encendido y conexión en serie con bomba de gasolina. _	97
Ilustración 61. Conexión de estacionamiento. _____	97
Ilustración 62. Modulo A7670SA activado. _____	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Números de hurtos en COLOMBIA en los años 2022 y 2023. _____	25
Tabla 2. Cronograma de actividades. _____	30
Tabla 3. Costos de fabricación y presupuestos. _____	31
Tabla 4. Recursos humanos. _____	32
Tabla 5. Equipos y Servicio técnico _____	33
Tabla 6. Escala de seguridad productos en el mercado. _____	43
Tabla 7 Sistema unidad de control, subsistemas microcontroladores. _____	49
Tabla 8. Sistema módulo de comunicación, subsistemas GSM/SMS/GPS. _____	50
Tabla 9. Sistema conversión de niveles lógicos, subsistemas conversores lógicos. _____	50
Tabla 10. Sistema sensor de detección, subsistemas sensores de vibraciones. _	51
Tabla 11. Sistema de control de energía, subsistemas relés. _____	51
Tabla 12. Sistema de autenticación, subsistema módulo de radio frecuencia RFID. _____	52
Tabla 13. QFD comparativa de materiales. _____	58
Tabla 14. Subsistema de alimentación. _____	59
Tabla 15. Subsistema protección de circuito. _____	60
Tabla 16. Subsistema de visualización de funcionamiento. _____	60
Tabla 17. Subsistema tipo de cableado. _____	61
Tabla 18. Evaluación y presentación visual y física. _____	87
Tabla 19. Evaluación técnica de funcionamiento del prototipo. _____	100

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Código de programación del prototipo. _____	105
Anexo B. Evidencia de funcionamiento del código. _____	109
Anexo C. Planos de diseño primera fase. _____	110
Anexo D. Planos de diseño segunda fase. _____	112
Anexo E. Video de descripción de componentes segunda fase. _____	115
Anexo F. Video de funcionamiento e interacción primera fase. _____	116

GLOSARIO

A

- **ACTUADOR:** Dispositivo que convierte señales eléctricas en acciones físicas, como encendido o bloqueo.
- **ANTIRROBO:** Sistema o dispositivo destinado a prevenir el robo de un vehículo.
- **ARDUINO:** Plataforma de hardware libre utilizada para desarrollar dispositivos electrónicos interactivos.

C

- **Cilindraje:** La capacidad volumétrica de los cilindros de un motor, medida en centímetros cúbicos (cc), que impacta en la potencia y el desempeño del vehículo.
- **COMUNICACIÓN MÓVIL:** Interacción entre dispositivos a través de redes de telefonía móvil (GSM, LTE).
- **CONVERSOR LÓGICO:** Módulo que permite la compatibilidad de voltajes entre distintos componentes electrónicos.
- **CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN:** Instrucciones escritas para controlar el comportamiento del sistema electrónico.

D

- **DIAGRAMA DE CONEXIONES:** Esquema gráfico que muestra cómo se conectan los componentes de un sistema electrónico.

E

- **ENERGÍA DE ENCENDIDO:** Alimentación eléctrica necesaria para que una motocicleta pueda arrancar.
- **EVALUACIÓN DE PROTOTIPO:** Proceso de análisis del rendimiento, presentación y funcionalidad de un dispositivo diseñado

G

- **Geolocalización:** Tecnología que facilita la determinación de la localización precisa de un objeto.
- **GPS:** Sistema de posicionamiento global que permite conocer la ubicación precisa de un objeto.

I

- **IMPACTO SOCIAL:** Consecuencias positivas o negativas que un proyecto tiene sobre la comunidad.
- **INYECCIÓN ELECTRÓNICA:** Sistema de alimentación de combustible que regula electrónicamente la mezcla en el motor.

M

- MICROCONTROLADOR: Chip programable que ejecuta instrucciones y controla dispositivos electrónicos.
- MÓDULO A7670SA: Módulo de comunicación celular compatible con LTE, usado para GPS y SMS.

P

- PROTOTIPO: Modelo funcional inicial de un dispositivo diseñado para pruebas y validación.

R

- Robos a Mano Armada: Delitos perpetrados mediante el uso de armas.
- RELÉ: Dispositivo electromecánico que permite controlar circuitos de alta potencia desde señales de bajo voltaje.
- RFID: Tecnología que usa ondas de radio para identificar objetos a través de etiquetas electrónicas.

S

- SEGURIDAD VEHICULAR: Conjunto de tecnologías y estrategias diseñadas para proteger vehículos contra robos.
- SENSOR DE VIBRACIÓN: Dispositivo que detecta movimientos o vibraciones y activa una señal eléctrica.
- SISTEMA ELECTRÓNICO: Conjunto de circuitos y dispositivos que permiten el funcionamiento de un sistema automatizado.
- SISTEMA ELÉCTRICO: Red de componentes eléctricos de la motocicleta encargados de la distribución y uso de energía.
- SMS: Servicio de mensajes cortos utilizados para comunicarse entre el dispositivo y el usuario.

T

- TECNOLOGÍA AVANZADA: Innovaciones recientes en ingeniería aplicadas a la mejora de funciones y seguridad.
- USUARIO FINAL: Persona que utilizará el prototipo desarrollado.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD PARA MOTOCICLETAS RFID.

AUTOR: SANTIAGO MUÑOZ GUTIERREZ, CESAR ALEJANDRO BARÓN MORENO

DESCRIPCIÓN: El propósito de este trabajo de grado es diseñar un prototipo de dispositivo de seguridad para motocicletas que integra tecnologías como GPS, comunicación SMS y un módulo RFID como mecanismo de protección. El sistema permite el encendido del vehículo mediante autorización remota por SMS y, simultáneamente, controla el flujo de corriente eléctrica mediante RFID, garantizando así un doble factor de seguridad. Esta propuesta surge como respuesta al creciente problema de seguridad que afecta a los motociclistas en el país, caracterizado por el aumento de este tipo de vehículos. El prototipo se desarrolla en una plataforma de hardware de código abierto y utiliza sensores y módulos de comunicación de bajo costo, lo que lo convierte en una solución accesible para el usuario promedio. Además, incluye un módulo de detección de vibraciones para generar alertas en caso de movimientos sospechosos cuando la motocicleta está estacionada. El sistema se evaluó en condiciones reales para validar su funcionamiento y eficacia. Este trabajo busca no solo mitigar el riesgo de robo, sino también brindar a los usuarios mayor control y tranquilidad sobre la seguridad de su vehículo.

PALABRAS CLAVE: SEGURIDAD VEHICULAR, GPS, RFID, COMUNICACIÓN SMS, MOTOS, SISTEMA ANTIRROBO.

Trabajo de grado

Facultad de ingeniería mecánica. Universidad santo tomas. Ingeniería mecánica.
Director: German Andrés Gutierrez Arias. Ingeniero Electrónico. Codirector: Carlos Andrés Aguirre ingeniero mecánico.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND MANUFACTURE OF AN RFID ELECTRONIC SECURITY DEVICE FOR MOTORCYCLES.

AUTHOR: SANTIAGO MUÑOZ GUTIERREZ, CESAR ALEJANDRO BARÓN MORENO

DESCRIPTION: The purpose of this thesis is to design a prototype security device for motorcycles that integrates technologies such as GPS, SMS communication, and an RFID module as a protection mechanism. The system allows the vehicle to be started using remote SMS authorization and, simultaneously, controls the flow of electric current using RFID, thus ensuring a double safety factor. This proposal arises in response to the growing security problem affecting motorcyclists in the country, characterized by the increase in this type of vehicle. The prototype is developed on an open-source hardware platform and uses low-cost sensors and communication modules, making it an accessible solution for the average user. It also includes a vibration detection module to generate alerts in case of suspicious movements when the motorcycle is parked. The system was evaluated under real-life conditions to validate its operation and effectiveness. This work seeks not only to mitigate the risk of theft, but also to provide users with greater control and peace of mind over the security of their vehicle.

KEY WORDS: VEHICLE SECURITY, GPS, RFID, SMS COMMUNICATION, MOTORCYCLES, ANTI-THEFT SYSTEM.

Degree work

Faculty of Mechanical Engineering. Santo Tomas University. Mechanical Engineering. Director: German Andrés Gutierrez. Electronic Engineer. Co-director: Carlos Andrés Aguirre, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

En años recientes, el incremento en el uso de motocicletas como medio de transporte ha coincidido con un incremento preocupante en las tasas de robo de estos vehículos a nivel nacional. Este escenario ha provocado una preocupación creciente entre los usuarios, que buscan opciones que proporcionen más seguridad y dominio sobre sus motocicletas. En este escenario, la creación de soluciones tecnológicas eficientes y accesibles se transforma en una prioridad.

Esta tesis propone el diseño de un prototipo de dispositivo de seguridad para motocicletas, que integra tecnologías como GPS, mensajería de texto (SMS) y un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID). El objetivo es crear un sistema que no solo permita localizar el vehículo en caso de robo, sino que también ofrezca un mecanismo de encendido controlado y restringido, lo que aumenta las barreras contra el acceso no autorizado.

El funcionamiento del prototipo se basa en una doble lógica de autenticación: por un lado, el usuario puede activar o desactivar el encendido de la motocicleta enviando un mensaje de texto desde su teléfono móvil, y por otro, la alimentación del sistema de encendido depende de la lectura de una tarjeta RFID autorizada. Además, el dispositivo incluye un sensor de vibración que genera alertas al detectar movimientos inusuales mientras la motocicleta está estacionada y apagada.

Esta iniciativa responde a la necesidad de implementar mecanismos de protección modernos, económicos y fáciles de implementar, contribuyendo así a la reducción de los robos de motocicletas y mejorando la percepción de seguridad de los usuarios. El desarrollo del prototipo se guio por criterios de funcionalidad, viabilidad técnica y facilidad de uso, y fue probado en condiciones reales para validar su desempeño.

Por otro lado, la carencia de sistemas antirrobo ayuda a fomentar de manera exponencial el delito de hurto de motocicletas registrados por la Policía

1.GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es esencial establecer conceptos e integrar los conocimientos adquiridos a lo largo del pregrado académico, como lo son el diseño y fabricación de sistemas electrónicos, con el objetivo de contribuir con innovación en función del bienestar ciudadano, debido a que la actualidad del país en temas de tecnología enfocada en seguridad para motocicletas es muy precaria, ya que actualmente en Colombia existen pocas soluciones a problemática de hurtos de motocicletas.

Pero ¿Qué soluciones en materia de seguridad antirrobo existen en actualmente en Colombia ?, en la actualidad los sistemas enfocados a la seguridad y protección de motocicletas se encuentran dispositivos mecánicos y electrónicos, el GPS es un sistema electrónico que, cuenta con un sistema de geolocalización que permite rastrear o localizar la motocicleta de manera eficiente en tiempo real, su debilidad se basa en que no evita que la motocicleta sea hurtada y encendida en el lugar del hurto.

Por otra parte, se encuentran, sistemas mecánicos de bloqueo como bien pueden ser candados, estos tienen diferente disposición, diseñados para disco de freno y manillar de clutch, la debilidad de estos sistemas se define en su funcionamiento limitado, debido a que la motocicleta debe estar estacionada y con el sistema activo, una vez se retire el sistema de protección la motocicleta automáticamente queda desprotegida.

Teniendo en cuenta lo anterior, también están presentes las alarmas de proximidad se encargan de bloquear el vehículo cuando esta estático, la debilidad de este sistema en caso de hurto a mano armada y la posibilidad de bloquear la motocicleta queda obsoleta debido a la distancia del dispositivo con su control de mando.

Nacional¹ De Colombia para los años 2022 y 2023, culminando con un número total de hurtos de motocicletas que asciende a una cifra de alrededor de 80.000 en lo comprendido en los años anteriormente mencionados.

¹ POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA. [sitio Web]. Bogotá: Sobre el Hurto de motocicletas Policía. [Consulta 12 octubre 2024].

Disponible en: <https://www.policia.gov.co/delitos-de-impacto/hurto-de-motocicletas>.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Debido al incremento de los índices de robo de motocicletas en el país según datos obtenidos de, Policía Nacional De Colombia². En los periodos que comprenden del 1 de enero hasta el 31 de octubre del año 2022 y el mismo periodo de tiempo para el año 2023 teniendo en cuenta que en 2022 se tuvo una cantidad de 38,516 casos de hurtos de motocicletas y para el 2023 se tuvo 41.710 casos de hurtos de motocicleta, cifra que se incrementó en 8.3% con respecto al año inmediatamente anterior de 2022 con un total de 80.226 casos de hurtos de motocicletas en lo que comprende diferentes modalidades.

Añadiendo a esta investigación, se presenta que en 2024 se incrementaron las tarifas del transporte público, ya sea bus o taxi, por eso los ciudadanos han buscado alternativas de transporte más accesibles como el uso de motocicletas. Con base en las estadísticas realizadas por FENALCO en lo corrido del año (2024) se ha visto un crecimiento del 14.73% en la compra de motos en todo el país con respecto al año anterior (2023).

Teniendo en cuenta que Los colombianos muestran una preferencia hacia las motocicletas las cuales representan el 61% de los vehículos en circulación en Colombia esto debido a su sencillo mantenimiento, de la misma forma su bajo consumo y practicidad son factores que los compradores tienen en cuenta a la hora de adquirir un vehículo datos tomados de, Andi Fenalco³.

Por lo tanto, dando respuesta al planteamiento del problema, es fundamental destacar los índices elevados de inseguridad ante el robo de motocicletas, el proyecto busca diseñar un dispositivo o prototipo que brinde protección a la motocicleta y permita ofrecer un servicio de seguridad, para así evitar los altos índices de robos presentados en el país, cabe resaltar que, aunque existen algunas soluciones tecnológicas, pueden llegar a presentar diferentes limitaciones notables.

² POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA. [sitio Web]. Bogotá: Sobre el Hurto de motocicletas Policía. [Consulta 12 octubre 2024].

Disponible en: <https://www.policia.gov.co/delitos-de-impacto/hurto-de-motocicletas>

³ ANDI FENALCO. [sitio Web]. Sobre datos de hurtos e incrementos de motocicletas en Colombia. [Consulta 12 octubre 2024].

Disponible en: https://andi.com.co/Uploads/06.%20Informe%20MOTOCICLETAS_ANDI-FENALCO_Junio2024

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo de dispositivo de seguridad electrónico para motocicletas usando tecnología de radiofrecuencia RFID.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar puntos débiles de seguridad en motocicletas y soluciones de seguridad existentes en el mercado.
- Diseñar un prototipo de dispositivo de seguridad antirrobo de motocicletas.
- Fabricar el prototipo según los requerimientos obtenidos en el diseño para evaluar su funcionamiento.
- Evaluar la funcionalidad del prototipo para motocicletas de inyección electrónica.

1.4 DELIMITACIÓN

Para delimitar este proyecto se diseñará y fabricará un dispositivo en calidad de prototipo enfocado a la seguridad de motocicletas con sistema de inyección electrónica donde su principal función será la incorporación de la tecnología RFID, estableciendo un doble factor de autenticación en el encendido del motor, el desarrollo del proyecto se dará en la ciudad de Tunja en los periodos de noviembre del año 2024 hasta abril de 2025.

1.5 METODOLOGÍA

En esta sección es muy importante resaltar el cómo ejecutar de manera precisa el proyecto para así cumplir con los objetivos planteados, para esto se implementará una línea de tiempo de cómo se ejecutarán cada una de las actividades para cumplir con los objetivos específicos.

Objetivo Específico 1: Identificar puntos débiles de seguridad en motocicletas y soluciones de seguridad existentes en el mercado.

Es crucial entender, tanto de forma general como detallada, las necesidades del usuario final. Para ello, se debe tener en cuenta la realización de las siguientes tareas:

1.1 Se realizará un análisis a la motocicleta, donde se espera obtener como resultado los puntos débiles en seguridad de las motocicletas.

1.2 Investigar cuáles son los dispositivos más usados del mercado actualmente, lo que permitirá evaluar qué prestaciones ofrecen al consumidor final.

1.3 Realizar una encuesta a consumidores del prototipo para que evalúen los servicios brindados por empresas actuales del mercado respecto a las prestaciones del prototipo a diseñar.

Objetivo Específico 2: Diseñar un prototipo de seguridad antirrobo de motocicletas.

Basándose en los resultados obtenidos en las actividades previamente realizadas, se continúa con la sección del diseño del dispositivo de seguridad antirrobo para motocicletas, donde se definen las siguientes actividades:

2.1 Establecer los sistemas a fortalecer en la seguridad de la motocicleta, para la ejecución del Diseño.

2.2 Aplicar una metodología de selección de componentes y soluciones.

2.3 Seleccionar los módulos y componentes a utilizar en el prototipo, evaluar precios y tiempos de entrega.

2.4 Definir el código de comunicación con el prototipo mediante SMS.

2.5 Definir código de funcionamiento modulo RFID.

2.5 Elaborar el diagrama de conexiones del prototipo.

Objetivo Específico 3: Fabricar el prototipo considerando los resultados y requerimientos obtenidos en la fase de diseño para evaluar su funcionamiento.

Para realizar la fase de fabricación del prototipo del dispositivo, es necesario cumplir con objetivos previamente establecidos. Tomando en cuenta esto, se llevan a cabo las siguientes actividades:

3.1 Adquirir los módulos y componentes necesarios de ensamblaje.

3.2 Realizar conexiones.

3.3 Establecer comunicación con el prototipo.

3.4 Realizar ensamblaje de piezas, para su presentación final.

3.5 Verificar la presentación final del prototipo.

Objetivo Específico 4: Evaluar la funcionalidad del dispositivo para motocicletas de inyección electrónica.

En esta etapa se reúne la realización de todas las actividades previamente ejecutadas. Para evaluar la funcionalidad del prototipo, se establecen las siguientes actividades:

4.1 Evaluar la presentación visual y física del prototipo

4.2 Evaluar la conexión eléctrica y mecánica con la motocicleta

4.3 Evaluar la interacción entre la aplicación SMS y el dispositivo.

4.4 Llevar a cabo una evaluación de funcionamiento, en la que se deduzca, basándose en pruebas previas, si el prototipo funciona o no.

1.6 HIPÓTESIS

Este proyecto se busca implementar el diseño y fabricación de un prototipo de dispositivo de seguridad para motocicletas mediante módulos electrónicos, para solucionar los altos índices de hurto motocicleta presentados, que afectan directamente a quienes usan este medio de transporte diario considerados una comunidad motera.

La propuesta a la solución de este problema se direcciona a el diseño del dispositivo, para el cual tiene en cuenta las necesidades requeridas para brindar protección al automotor, basándose en el estudio de las diferentes modalidades de hurtos que se presentan en el día a día.

Tipos de modalidades y medios de hurto a motocicletas:

Arma blanca/ cortopunzante, arma de fuego, contundentes, llave maestra, sin uso de arma. Siendo estas últimas dos modalidades de jaloneo.

Datos obtenidos de, Policía Nacional De Colombia⁴

La previsión de este proyecto apunta a facilitar la recuperación de las motocicletas en Colombia mediante la introducción de prototipos dispositivos antirrobo avanzados. Con objetivo brindar soluciones tecnológicas innovadoras, accesibles y eficientes que permitan a los motociclistas proteger proactivamente sus vehículos.

El objetivo es reducir la pérdida del vehículo, integrando sistemas de geolocalización e inmovilización remota y alertas en tiempo real, contribuyendo no sólo a la seguridad personal de los usuarios sino también a reforzar la seguridad pública. Además, este proyecto pretende tener un impacto positivo en la cultura de prevención y seguridad en la ciudad de Tunja y crear un ambiente seguro para los motociclistas.

1.7 MARCO CONCEPTUAL

Se presentarán en los siguientes numerales algunos conceptos y temáticas requeridos para la comprensión de los términos usados en el desarrollo del proyecto.

1.7.1 Dispositivos de seguridad.

Los accesorios de seguridad para motos han avanzado mucho en los últimos años, aportando al motociclista una mayor protección y confianza en la carretera. Además, hay una gran variedad de accesorios para elegir, desde sistemas de comunicación Bluetooth con los que se pueden mantener conectados con los compañeros de viaje, hasta sistemas de navegación que permiten no perderse nunca. Asimismo, el uso de ABS y dispositivos de control de tracción ha hecho aumentar cada vez más el número de motos en ferias especializadas. Por otro lado, se tiene los sistemas de alarma y GPS, donde según Vásquez⁵, los mejores sistemas para evitar el hurto de motocicletas es el uso de:

Alarmas de alta sensibilidad.

Bloqueos electrónicos.

Dispositivos Gps de rastreo y geolocalización.

⁴ POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA, [sitio web]. Bogotá: sobre el hurto de motocicletas policía. [Consulta 12 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.policia.gov.co/delitos-de-impacto/hurto-de-motocicletas>.

⁵ VÁSQUEZ HERRERA, David sobre mejores Sistemas antirrobo para motos. Bogotá, Colombia. 2024.

Disponible en: <https://www.elespectador.com/autos/sistemas-antirrobo-para-motos-asi-puede-evitar-el-hurto-de-su-vehiculo/>

1.7.2 Tecnología RFID

Según Tecnipesa⁶, la tecnología RFID se basa en un sistema de radio frecuencia, la cual utiliza ondas de radio que se comunican con un chip o tarjeta, esta tecnología es usada comúnmente en sistemas de pago o en tarjetas de acceso.

Esta tecnología permite que se pueda identificar y transmitir la información sobre un objeto haciendo uso de la radiofrecuencia. Para ello bastará con contar con un chip o tarjeta RFID con la que se puede tener toda la información de los productos, así como un lector y una antena RFID o un portal RFID, para que se pueda leer el chip o tarjeta a distancia.

Su lectura es instantánea, a distancia y no se requiere una línea de visión. Esto permite que los operarios pueden trabajar con más libertad y una mayor eficiencia. También alarga la vida útil de los chips y tarjetas, porque se tendrá una lectura completamente sin contacto. Incluso algunos chips y tarjetas RFID pueden ser reescritos, lo que alargará la vida útil de las mismas.

1.7.3 Sistema de inyección electrónica.

Según Parera⁷, "Los sistemas de inyección de gasolina pretenden conseguir una dosificación del combustible lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor, consiguiéndolo a cambio de una mayor complejidad de los componentes del motor de manera más que aceptable con los sistemas de mando electrónico.

1.7.4 legislación y normativas

Según, Ley de tránsito N°769⁸, *Regulación de elementos de seguridad*, las leyes y regulaciones colombianas en materia de dispositivos electrónicos antirrobo para motocicletas aún no cuentan con un marco regulatorio específico y detallado.

⁶ TECNIPESA. [sitio Web]. Bogotá: Que es y cómo funciona la tecnología RFID. [Consulta: 08 de octubre 2024]. Disponible en: Qué es y cómo funciona la tecnología RFID

⁷ PARERA, Sobre sistema de Inyección electrónica en motores de gasolina, Marcombo.1990. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YFgh11bG>.

⁸ CONGRESO DE LA REPUBLICA. [sitio Web]. Ley de tránsito N°769 de 2002. [Consulta: 15 de octubre 2024]. Disponible en: [Ley 769 de 2002 Congreso de la República de Colombia](#).

Por un lado, la SIC super intendencia de industria y comercio, es el organismo responsable de la protección del consumidor y competencia leal en el mercado. En este sentido, los dispositivos antirrobo deben cumplir con los estándares de calidad y seguridad establecidos y contener información veraz y completa en sus etiquetas y publicidad. Por otro lado, la Ley N° 769 de 2002 que regula la seguridad industrial establece requisitos mínimos para la producción y comercialización de productos, incluyendo requisitos dirigidos a la protección de activos

1.7.5 Indicadores de robo a motocicletas (Mano Armada)

La información presentada en la tabla 1 fue tomada de, Policía Nacional De Colombia⁹. En lo correspondiente a los años 2022 y 2023, en los periodos correspondientes del 01 de enero al 31 de diciembre de cada año.

Tabla 1. Números de hurtos en COLOMBIA en los años 2022 y 2023.

ROBOS A MANO ARMADA DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE					
N° DE HURTOS	AÑOS		PROM POR MES		INCREMENTO EN % DEL 2022 AL 2023
	2022	2023	2022	2023	
	38516	41710	3209,7	3475,8	

Fuente: Elaboración propia.

Basado con la información anteriormente proporcionada se puede evidenciar que, en los últimos años, Colombia ha visto un preocupante aumento de los robos de motocicletas, afectando a miles de propietarios en todo el país. Las estadísticas de 2022 y 2023 confirman la tendencia, mostrando un aumento del 8% en los casos denunciados esto afectando zonas tanto urbanas y rurales.

Este fenómeno no sólo significa pérdidas materiales para los motociclistas, sino que también afecta la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos. Analizar estas cifras es importante para comprender el alcance del problema y definir estrategias efectivas para reducir el alto índice de hurtos

⁹ POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA. [sitio Web]. Bogotá: Sobre el Hurto de motocicletas Policía. [Consulta 12 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.policia.gov.co/delitos-de-impacto/hurto-de-motocicletas>.

1.7.6 Dispositivos de seguridad con tecnología avanzada.

Mediante la integración de sistemas de geolocalización GPS en tiempo real, sensores de vibración sistemas de inmovilización remota, el dispositivo tendrá capacidad de localizar y bloquear la motocicleta de forma inmediata en caso de intento de robo, dificultando el hurto.

Arduino UNO

Como dice Fernández¹⁰, El Arduino es un microcontrolador que funciona con ATMEL, los microcontroladores son circuitos integrados que permiten la memorización de instrucciones, las cuales se redactan utilizando el lenguaje de programación que puedes emplear en el ambiente Arduino IDE. Estas directrices posibilitan el desarrollo de programas que interactúan con los circuitos de la tarjeta, ejemplo del módulo en la ilustración 1.

Ilustración1. Placa arduino UNO



Fuente (Arduino).

Modulo A7670sa

Este módulo es utilizado en la aplicación de la IOT, (Internet de las cosas), es el módulo más recomendado para el rastreo vehicular, seguridad y automatización industrial.

¹⁰ FERNÁNDEZ, yúbal. Sobre cómo funciona un Arduino. Xataka Basic. Bogotá 2024

Disponible en : <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Este módulo cuenta con conectividad LTE, mediante una tarjeta SIM para establecer la comunicación con Red celular, que garantiza la cobertura de señal en diferentes regiones, su funcionamiento se basa en enviar y recibir datos de sensores, posicionamiento mediante SMS, (mensajes de texto) ejemplo en la ilustración 2.

Ilustración 2. Modulo A7670SA



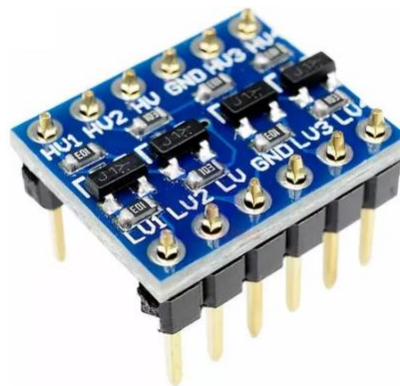
Fuente (ssdielect).

Conversor lógico

Es un módulo que facilita la conversión de señales de distintos voltajes para que aparatos electrónicos con diferentes niveles de tensión puedan interactuar sin sufrir daños.

Los microcontroladores como Arduino UNO operan con 5V, en cambio, otros dispositivos como sensores, módulos GSM, pantallas OLED y microcontroladores ESP8266 o ESP32 funcionan con una conexión de silicio de 3.3V. Si se conecta una señal de 5V directamente a un dispositivo de 3.3V, puede dañarse, ejemplo en la ilustración 3.

Ilustración 3. Conversor lógico.



Fuente (Arduino).

Sensor de vibración

El sensor presentado en la ilustración 4, su operación es el contacto ya que, al identificar una variación de dirección o varios movimientos, provoca una activación del circuito, a través de la emisión de una señal eléctrica.

Ilustración 4. Sensor de vibración.



Fuente (Arduino).

Relé

El relé que se muestra en la ilustración 5, es una unidad con propiedades electromecánicas creada para administrar circuitos de alta potencia. Se encarga de la disminución las señales de potencia. Se utiliza para activar aparatos como motores, iluminación, dispositivos electrodomésticos y sistemas de protección.

Ilustración 5. Relé



Fuente (Arduino).

Modulo RFID

En la ilustración 6, se presenta el módulo se encarga de recibir una señal activada por la tarjeta o chip RFID, mediante un campo electromagnético o radio frecuencia para posteriormente ejecutar la acción programada. En este caso permitir el acceso o no el acceso a la energía al sistema de encendido.

Ilustración 6 Modulo RFID



Fuente (Arduino).

1.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la tabla 2 se presenta la distribución de tiempos para la ejecución del proyecto, dividida en actividades y duración de cada una de las actividades.

Tabla 2. Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES						
ETAPA	MES					
	1	2	3	4	5	6
1) Identificar puntos débiles de seguridad y soluciones existentes, Encargado: Santiago Muñoz.	■	■				
1.1 Análisis de motocicleta, Encargados: Santiago Muñoz.	■	■				
1.2 Investigación del mercado, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.	■					
1.3 Encuestas a consumidores, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.	■	■				
2) Diseño del prototipo, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.		■	■	■		
2.1 Establecer puntos a fortalecer, Encargado: Santiago Muñoz.		■	■			
2.2 Selección de módulos y componentes, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.		■	■	■		
2.3 Diagrama de conexiones, Encargado: Alejandro Barón.			■	■		
3) Fabricación del prototipo, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.				■	■	■
3.1 Adquisición de módulos, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.			■	■	■	■
3.2 Conexiones y código SMS, Encargado: Alejandro Barón.					■	■
3.3 Ensamblaje del prototipo, Encargado: Alejandro Barón.					■	■
4) Evaluación de funcionamiento, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.					■	■
4.1 Evaluación visual y física, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.						■
4.2 Prueba de comunicación SMS, Encargado: Alejandro Barón.						■
4.3 Evaluación final del prototipo, Encargados: Santiago Muñoz, Alejandro Barón.						■

Fuente: Elaboración propia:

1.9 COSTOS Y PRESUPUESTOS

Se presenta la Tabla 3 donde se visualizan los costos contemplados para la fabricación del prototipo.

A continuación, se presentarán las tablas dirigidas a los costos y presupuestos para la ejecución y el desarrollo del proyecto, esta sección será dividida en los siguientes tres conceptos: costos de fabricación y materiales, recursos humanos, por último, equipos y servicio técnico. Cabe resaltar que el valor de mano de obra presentado en la tabla 3 corresponde al servicio técnico de ensamble, siendo este independiente de la mano de obra presentada en la tabla 4, ya que los valores incluidos en esta última están dirigidos a la parte de desarrollo de ingeniería del proyecto.

Tabla 3. Costos de fabricación y presupuestos.

COSTOS DE FABRICACIÓN Y MATERIALES	
ARDUINO UNO.	\$ 13.700
ESP32.	\$ 35.000
SIM CARD	\$ 6.000
BATERÍAS.	\$ 12.000
MODULO A6770sa	\$ 120.000
MODULO RFID	\$ 12.500
SENSOR DE VIBRACIÓN	\$ 7.600
CONVERSIONOR LÓGICO	\$ 8.000
RELÉ	\$ 7.000
CABLEADO	400
PLACA	\$ 25.000
CARCASA 3D	\$ 25.000
MANO DE OBRA 3.5 HORAS	\$ 35.000
TOTAL	\$ 307.200

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 esta destina a determinar roles y costos del aérea de recurso humano del proyecto.

Tabla 4. Recursos humanos.

RECURSOS HUMANOS					
Nombre Trabajador	Rol en el Proyecto	Actividades Principales	Horas	Valor Hora (COP)	Costo Total (COP)
Santiago Muñoz	Líder de desarrollo / Integrador	Análisis de seguridad, encuestas, conexiones electrónicas, ensamblaje, pruebas finales.	70	\$ 10.000	\$ 700.000
Alejandro Barón	Diseñador electrónico / Programador	Selección de módulos, diagramas de conexión, codificación, pruebas de comunicación	70	\$ 10.000	\$ 700.000
TOTAL			140		\$ 1.400.000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se expresan las herramientas necesarias para el desarrollo ejecución y funcionalidad del proyecto.

Tabla 5. Equipos y Servicio técnico

EQUIPOS Y SERVICIO TÉCNICO		
Equipo / Servicio	Descripción De Uso	Costo (COP)
Computador portátil.	Diseño de esquemas, programación, documentación del proyecto.	\$ 2.000.000
Licencia de software CAD (uso académico)	Diseño de carcasa, diagramas electrónicos y estructurales.	\$ 0
Multímetro digital	verificación de voltajes y continuidad.	\$ 80.000
soldadura de estaño	Soldadura de componentes del prototipo.	\$ 80.000
Herramientas menores (pinzas, destornilladores, etc.)	soporte de ensamblaje y ajustes.	\$ 150.000
Internet / Energía eléctrica	servicios básicos durante el desarrollo del proyecto.	\$ 50.000
TOTAL		\$ 2.360.000

Fuente: Elaboración propia.

1.10 IMPACTOS

En esta unidad se afrontarán los posibles impactos que crearía la implementación de un prototipo de dispositivo de seguridad para motocicletas, aspectos presentados en los ámbitos sociales, ambientales y culturales importantes.

1.10.1 Impacto Social.

El impacto social está vinculado principalmente en la mejora de la seguridad pública; ya que, al implementar este prototipo de seguridad para motocicletas, se espera reducir los índices o la pérdida de los vehículos, como contribución del proyecto, dando como resultado el beneficio para propietarios de las motocicletas y a las comunidades afectadas por este tipo de crimen. Mejora en la calidad de vida de los usuarios, ya que se usa la protección de su propiedad evitando poner en riesgo su transporte.

1.10.2 Impacto ambiental.

El impacto ambiental en el desarrollo del proyecto, basa en la promoción de un uso responsable de la tecnología, ya que el diseño del prototipo está enfocado en la sostenibilidad, utilizando algunos componentes de origen reciclable y fabricado con un bajo consumo de energía, así mismo el prototipo para su funcionamiento óptimo requiere de un bajo consumo de energía, minimizando el impacto ambiental en la fabricación del prototipo.

1.10.3 Impacto cultural.

En este apartado se tienen en cuenta los impactos culturales impuestos por el desarrollo del proyecto, como lo son el cambio en la perspectiva de la seguridad ya que el uso del prototipo puede fomentar una mayor conciencia sobre la importancia de la protección de sus vehículos, logrando que más motociclistas adopten el uso de los dispositivos de seguridad, esto generará una cultura de prevención y seguridad tecnológica.

Considerando que el uso de la tecnología tiene un impacto significativo en zonas urbanas, ayudará a que los posibles usuarios de áreas rurales se familiaricen con la utilización de nuevas tecnologías.

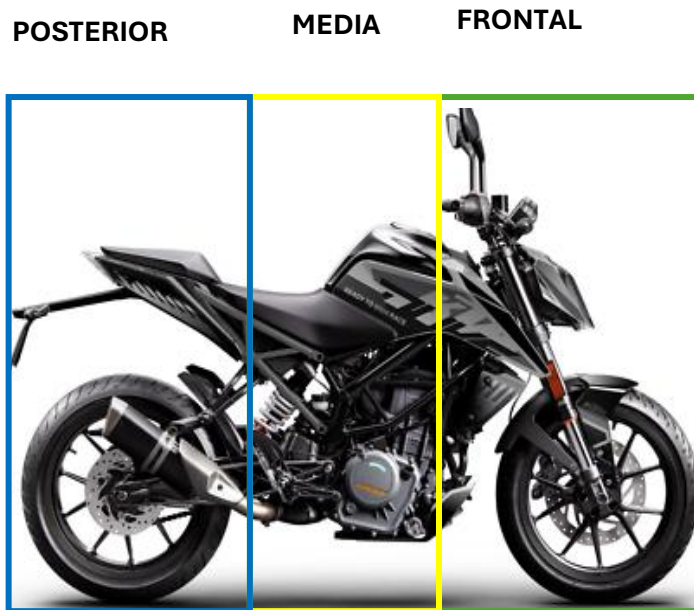
2 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DEL CLIENTE

Para esta sección se realizarán tres actividades con el fin de identificar las necesidades del usuario. Estas actividades permitirán reconocer los puntos débiles en la seguridad de las motocicletas en general, los cuales facilitan el hurto de estos vehículos. Asimismo, se analizarán las soluciones existentes en el mercado orientadas a mitigar dichas deficiencias de seguridad.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD EN LA MOTOCICLETA.

En esta parte, se abordan qué clase de seguridad poseen las motocicletas de fabrica para prevenir el hurto. Para ello, se va a segmentar a segmentar la motocicleta de ejemplo en tres partes, identificadas como parte frontal, media y posterior presentadas en la ilustración 7. Se debe tener en cuenta que este análisis es dirigido a todas las motos en general.

Ilustración 7 Segmentación grafica de la motocicleta, secciones a analizar.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.1 Identificación puntos débiles en Sección Frontal.

Vista frontal superior.

Desde la parte superior de la sección frontal expresada en la ilustración 8, se logra apreciar un sistema de seguridad de tipo mecánico, que opera con un pasador metálico el cual impide que el manillar de la motocicleta se mueva. este activa al rotar la llave en el interruptor de encendido. siendo el único sistema de protección de la motocicleta.

Ilustración 8. Seguro atreves de pasador.



Fuente: Elaboración propia.

Vista Lateral Derecha e Izquierda.

Desde la parte lateral derecha e izquierda de la motocicleta mediante la ilustración 9, se puede apreciar el sistema de frenado delantero a través del freno de disco y el sistema de amortiguación delantera, donde se evidencia que no existe ningún tipo de sistema de seguridad mecánico o electrónico que evite el avance del vehículo en caso de hurto.

Ilustración 9. Vista sistema de frenado y amortiguación.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Identificación puntos débiles en Sección Media

Vista superior media Interna.

En esta sección mediante la ilustración 10, se puede observar todo el sistema de conexiones eléctricas y electrónicas de la motocicleta. Dentro de estos sistemas de conexiones se evidencia que son diseñados exclusivamente para su funcionamiento eléctrico y electrónico. Por lo tanto, no poseen un sistema de protección electrónico de fábrica que evite el hurto de la motocicleta.

Ilustración 10. Vista sistema eléctrico y electrónico de la motocicleta.



Fuente: Elaboración propia.

Vista Lateral Derecha

En la vista lateral derecha presentada en la ilustración 11, sólo se observa el mecanismo de accionamiento del freno trasero a través de una palanca y bomba hidráulica. Esto demuestra la ausencia de sistemas de seguridad mecánico o electrónico que impida el avance de la motocicleta en caso de hurto.

Ilustración 11. Vista sistema de accionamiento bomba freno trasero.



Fuente: Elaboración propia.

Vista Lateral Izquierda.

Así mismo, en la vista lateral izquierda presentada en la ilustración 12, solo se muestra la palanca de cambios de marcha, donde se muestra la falta de un sistema mecánico o electrónico que impida el avance del vehículo en caso de hurto.

Ilustración 12. Vista sistema de accionamiento de transmisión.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Identificación puntos débiles en Sección Posterior

Vista Lateral Derecha.

Continuando con la ilustración 13, la sección posterior de la motocicleta en la vista lateral derecha se evidencia la continuación del sistema de frenado trasero, donde se muestra un freno de disco con mordaza, los cuales tienen ausencia de sistemas de seguridad mecánicos o electrónicos que impida el avance del vehículo en caso de hurto.

Ilustración13. Vista continuación del sistema de freno trasero (Disco).



Fuente: Elaboración propia.

Vista Lateral Izquierda.

De esta misma forma la ilustración 14, presenta la vista lateral izquierda de la sección posterior, se muestra el sistema de transmisión de potencia de la motocicleta el cual carece de sistema de seguridad mecánico o electrónico que inmovilice el vehículo en caso de hurto.

Ilustración 14. Vista sistema de transmisión de potencia.



Fuente: Elaboración propia.

2.2 SOLUCIONES EXISTENTES EN EL MERCADO.

Una vez identificadas las deficiencias presentadas en la seguridad e integridad de las motocicletas, se investigará sobre los productos del mercado dirigidos a los puntos débiles detectados en cada sección.

2.2.1 Productos de prevención para la sección frontal.

Para la prevención del hurto a la motocicleta en la sección frontal se encontraron dos productos.

Candado de disco

Cuenta con sistema mixto mecánico y parte electrónica ya que cuenta con una alarma de movimiento, su funcionamiento consiste en ubicarlo en el freno de disco delantero con el fin de bloquear el avance de la motocicleta en caso de hurto como se muestra en la ilustración 15.

Ilustración 15. Candado de disco.



Fuente: Alarm disc lock:

Candado de bloqueo de manillar

este producto cuenta con un sistema de protección netamente mecánico, su funcionamiento se basa situando el candado en la manigueta de la moto e introduciendo la palanca de freno o clutch como se muestra en la ilustración 16, para evitar el avance del vehículo en caso de hurto.

Ilustración 16. Candado de bloqueo de manillar.



Fuente: Caps lock:

2.2.2 Productos de prevención para la sección media.

Como se puede apreciar en la sección media de la motocicleta, se presentan tres puntos débiles, para los cuales en dos puntos específicos el mercado no cuenta con productos diseñados dirigidos a las partes laterales. Sin embargo, sí existen dispositivos que interactúan con el sistema electrónico y eléctrico de la motocicleta que formarían parte de la vista superior.

El funcionamiento del GPS y el apagado remoto, se basa en funcionamiento de se basa en la intervención del sistema eléctrico y electrónico de la motocicleta, desempeñando funciones como apagar la motocicleta a través de la interrupción del suministro de electricidad o inyección de combustible del motor, provocando así que la motocicleta se detenga cuando se realiza la orden desde el controlador, un teléfono móvil, además poseen la capacidad de geolocalización a través de GPS, en la ilustración 17 se presenta un ejemplo de dispositivo GPS.

Ilustración 17. GPS y apagado remoto.



Fuente: GPS global.

2.2.3 Productos de prevención para la sección posterior.

Continuando con la exploración de productos disponibles para la protección de la motocicleta en su sección posterior, tiene una carencia. En la vista lateral izquierda, los productos destinados y diseñados para bloquear la transmisión de la motocicleta son inexistentes. En la vista lateral derecha, al ser un sistema de frenado por disco como se presenta en la sección frontal se encuentra la posibilidad de utilizar el bloqueo mediante candado con alarma como se presenta en la ilustración.

2.3 DISPOSITIVOS MÁS USADOS EN EL MERCADO.

Según, Vásquez Herrera¹¹, Los dispositivos más eficientes para prevenir el hurto de motocicletas son alarmas de alta sensibilidad, bloqueos electrónicos y el GPS no previene el hurto, cadenas y candados de alta resistencia, por lo cual se realizó una escala de seguridad, garantías y confiabilidad, donde los criterios de evaluación se establecen según su funcionabilidad dinámica de uso, estableciendo los parámetros de seguridad en dos secciones, media -baja y media –alta, la tablaba 6, cada producto se califica según corresponda su confiabilidad.

Tabla 6. Escala de seguridad productos en el mercado.

PRODUCTOS	ESCALA DE SEGURIDAD	
	MEDIA- BAJA	MEDIA-ALTA
CANDADO DE DISCO		
CADENAS		
ALARMAS		
GPS Y APAGADO REMOTO		

	No Evitan el hurto en su totalidad, efectivos en modalidades de llave maestra y jaloneo.
	No Evitan el hurto en su totalidad, no protegen en casos de jaloneo y llave maestra.

Fuente: Elaboración propia.

Basándose en la escala previa, se llevó a cabo una segmentación de los dispositivos de seguridad más vendidos en Colombia estadísticas de ventas en MercadoLibre Colombia¹² esto se debe a que no hay estudios detallados y enfocados en este asunto. Es evidente que los costos son variables al comprar un dispositivo de seguridad básico mecánico o electrónico para una motocicleta. Dado que los candados de disco oscilan entre 45.000 y 70.000 pesos, y un dispositivo GPS ronda los 600,000 pesos.

¹¹ VÁSQUEZ HERRERA, David sobre mejores Sistemas antirrobo para motos. Bogotá, Colombia. 2024.

Disponible en: <https://www.elespectador.com/autos/sistemas-antirrobo-para-motos-asi-puede-evitar-el-hurto-de-su-vehiculo/>

¹² MERCADOLIBRE COLOMBIA. [sitio Web]. sobre Dispositivos de seguridad para motocicletas más vendidos en Colombia. [Consulta 5 febrero 2025]. Disponible en:

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1298404771-banvie-sistema-de-alarma-de-seguridad-para-motocicletas-de-2- JM#polycard_client=search_nordic&position=24&search_layout=stack&type=item&tracking_id=81278550-3654-4c8c-a8d8-3b1fdc237afd

En Colombia, los dispositivos de seguridad para motocicletas más vendidos son:

1. Candados con alarma para freno de disco media-baja. Estos dispositivos combinan un candado para el disco de freno con una alarma sonora que se activa al detectar movimientos, ofreciendo una doble capa de seguridad.
2. Sistemas de alarma con encendido y apagado remoto media-baja. Permiten controlar la motocicleta a distancia, ofreciendo funciones como encendido y apagado remoto, lo que aumenta la seguridad y comodidad para el usuario.
3. Candados de manillar media-baja. Diseñados para bloquear el manillar de la motocicleta, impiden que el vehículo sea dirigido, dificultando su robo.

2.4 ENCUESTA COMPARATIVA CON 3 DISPOSITIVOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

En esta sección se llevará a cabo una encuesta para evaluar a dos compañías legalmente establecidas que proporcionan dispositivos electrónicos de protección para motocicletas. Considerando las características y prestaciones a desarrollar en el prototipo, se determinó qué se distribuirá bajo el nombre de Ast Security, con el objetivo de comparar el prototipo con los dispositivos comercializados actualmente en el mercado.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en la encuesta realizada a 110 usuarios de motocicletas pasado, se evaluarán aspectos como:

Tiene o no un dispositivo de protección, está dispuesto a adquirirlo, cuánto estaría dispuesto a pagar por él, qué dispositivo elegiría en función de sus características y cuál es el dispositivo más asequible en términos de costo beneficio.

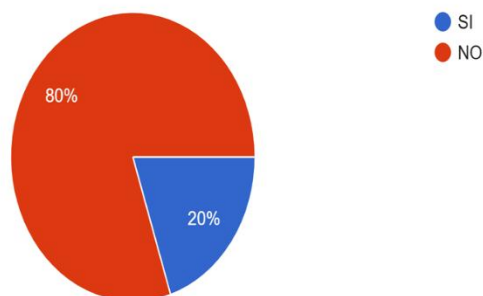
Después se realizará un análisis al resultado de cada pregunta ejecutada en la encuesta.

Pregunta 1. ¿Su motocicleta cuenta con algún dispositivo electrónico de protección contra el hurto?

En la Ilustración 18 los resultados de la encuesta arrojan que 87.2 personas de 109, correspondientes a un 80 % de los motociclistas consultados, no cuentan con un dispositivo que proteja su motocicleta de cualquier modalidad de hurto.

Ilustración 18. Pregunta 1 encuesta comparativa.

¿su motocicleta cuenta con algun dispositivo electronico de proteccion contra el hurto ?
110 respuestas



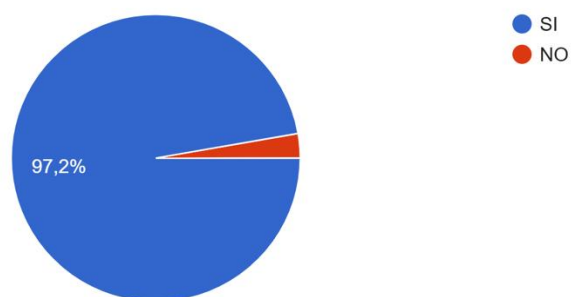
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 2. ¿Usted compraría un dispositivo de seguridad para proteger su motocicleta?

En la Ilustración 19, se planteó una pregunta para analizar qué porcentaje de votantes estarían dispuestas en adquirir uno que proteja su patrimonio. Esto hizo que el 97 % de los motociclistas consultados protegerían su motocicleta.

Ilustración 19. Pregunta 2 encuesta comparativa.

¿Usted compraria un dispositivo de seguridad para proteger su motocicleta ?
109 respuestas



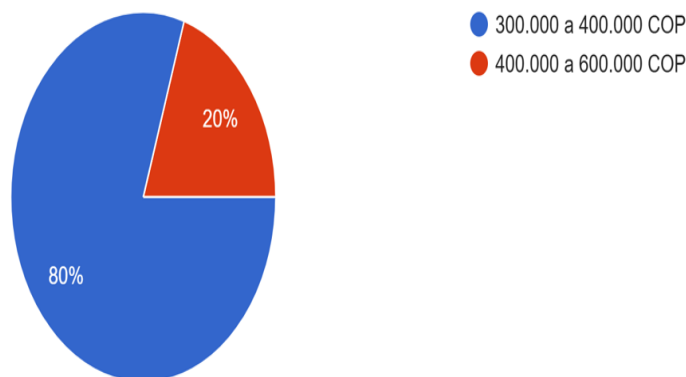
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 3. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un dispositivo de protección para su motocicleta?

En la Ilustración 20, tras analizar los resultados, se percibe la importancia de observar los costos de venta del dispositivo, dado que el 80% de los votantes, correspondientes a 87 de participantes, sugieren un costo por unidad no superior a 400.000 COP. Ya que altos precios podrían ser poco exequibles para la población motera.

Ilustración 20. Pregunta 3 encuesta comparativa.

¿ Cuanto estaria dispuesto a pagar por un dispositivo de proteccion para su motocicleta?
110 respuestas



Fuente: Elaboración propia.

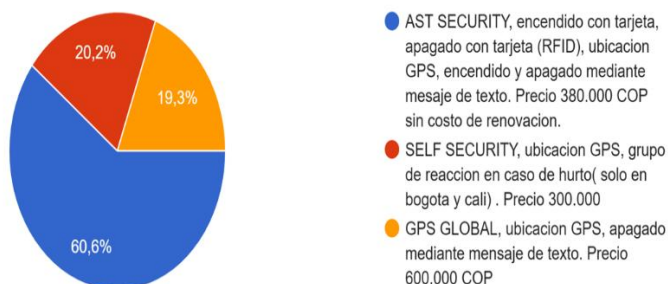
Pregunta 4. ¿Cuál de estos tres dispositivos adquiriría usted basado a las prestaciones y su precio de compra?

Según la Ilustración 21, en los resultados obtenidos, se observa que las personas prefieren las prestaciones y servicios proporcionados por Ast Security, con un 60.6 % de votantes, seguido por GPS GLOBAL con un 20.2 % y finalmente por SELF SECURITY con un 19.3 %, ofreciendo las prestaciones menos atractivas para la comunidad.

Esto deja en evidencia, que las prestaciones del prototipo a desarrollar en este proyecto logran satisfacer de mejor manera las necesidades del usuario.

Ilustración 21. Pregunta 4 encuesta comparativa.

¿ Cual de estos tres dispositivos adquiriria usted basado a las prestaciones y su precio de compra ?
109 respuestas



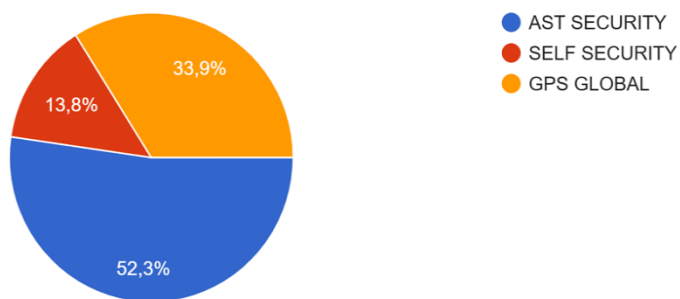
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 5. ¿Cuál cree usted que es el mejor dispositivo en relación costo beneficios?

En la ilustración 22 se aprecian los resultados logrados en esta sección del sondeo permiten analizar eficazmente la elección de los motociclistas consultados. En este punto, se destaca un 20% favoritismo por las prestaciones proporcionadas por AST SECURITY con un 52,3% de los motociclistas consultados.

Ilustración 22. Pregunta 5 encuesta comparativa.

¿ cual cree usted que es el mejor dispositivo en relacion costo beneficios ?
109 respuestas



Fuente: Elaboración propia:

3 DISEÑO DEL DISPOSITIVO EN CALIDAD DE PROTOTIPO.

Basándose en las debilidades identificadas en la seguridad de las motocicletas fabricadas, se deduce que la estrategia más efectiva para salvaguardar la motocicleta es interviniendo los sistemas electrónicos y eléctricos de la misma. Esto implica que, al interrumpir la fuente de energía, la motocicleta queda bloqueada y no puede ser encendida hasta que se le suministre energía. El sistema electrónico regula el funcionamiento del sistema de inyección de combustible al motor. que es esencial para el funcionamiento de la máquina. Por lo tanto, si se interrumpe el suministro de combustible a la motocicleta no puede ser encendida hasta que se reanude el suministro de combustible para esto es esencial disponer de los siguientes puntos enfocados al diseño del prototipo haciendo uso y aplicación de matrices QFD como apoyo para establecer los requerimientos de diseño.

3.1 ESTABLECER PUNTOS A FORTALECER DE LA MOTOCICLETA.

Teniendo en cuenta de las carencias presentadas en temas de seguridad por las motocicletas es importante mencionar a continuación los sistemas a fortalecer con el prototipo.

Sistema eléctrico.

Debido a la intervención o uso del sistema eléctrico de la motocicleta, el proyecto se centrará en proporcionar seguridad al encender la motocicleta utilizando un módulo RFID. Este módulo será responsable de proporcionar o no, acceso a energía para el encendido de la motocicleta.

Sistema electrónico.

Mediante la intervención del sistema eléctrico, utilizando un código encargado de enviar una señal mediante SMS, que podrá controlar el sistema de inyección de combustible de la motocicleta, permitiendo o no, el acceso al suministro de combustible, según sea el caso.

Por lo tanto, para aumentar la seguridad de la motocicleta, se implementará un sistema de geolocalización que opera mediante de una antena GPS que indicará su posicionamiento cuando se solicite.

3.2 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE COMPONENTES.

3.2.1 Aplicación de metodología QFD en la selección de componentes.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la sección 2 identificación de necesidades del cliente, es importante reconocer que las necesidades del cliente son fundamentales para el desarrollo del proyecto, debido a que, mediante la identificación de los puntos a fortalecer en la seguridad de las motocicletas, se genera la guía de los requerimientos de diseño.

A través del uso de las matrices QFD se establecerán los sistemas y subsistemas de las diferentes opciones de tecnologías del mercado, considerando criterios de evaluación como la confiabilidad, tamaño, eficiencia energética, y compatibilidad técnica, permitiendo justificar de manera objetiva la selección de los componentes adecuados para garantizar el funcionamiento del prototipo.

A continuación, se presentan las matrices QFD donde se evaluarán los módulos y componentes a usar en el desarrollo del prototipo, estas matrices tienen un sistema de evaluación numérica donde 1 es la calificación más baja y 9 la calificación más alta.

En la tabla 7 se evidencia la evaluación microcontroladores más comunes en el mercado que cumplen los criterios establecidos para el desarrollo del prototipo, se determinó que la mejor opción es el arduino para la primera fase de prototipo debido a su versatilidad de uso y bajo costo. contribuyendo de manera óptima la estructuración y programación del prototipo en primera fase, posteriormente se hace la elección del módulo ESP32 para la segunda fase de desarrollo del prototipo, debido a su destacada puntuación y prestaciones ya que este microcontrolador es más eficiente en temas de comunicación e interacción con el módulo A7670SA encargado SMS, GSM y antena de ubicación GPS.

Tabla 7 Sistema unidad de control, subsistemas microcontroladores.

Unidad de Control (Microcontrolador)			
Crterios	ESP32	Raspberry Pi Pico	Arduino UNO
Fiabilidad.	9	9	9
Bajo consumo energía.	9	9	3
Bajo costo.	9	9	5
Fácil integración.	9	5	5
Tamaño compacto.	5	9	9
Compatibilidad técnica.	9	5	5
TOTAL	50	46	36

Fuente: Elaboración propia.

Luego de evaluar de los módulos de comunicación presentados en la tabla 8, se determinó que la mejor opción es el módulo A7670SA, debido a su cumplimiento de necesidades debido a su alta fiabilidad, bajo consumo energético, tamaño compacto y buena compatibilidad técnica hacen que sea el más conveniente para el desarrollo de la seguridad GSM, SMS Y GPS del proyecto.

Tabla 8. Sistema módulo de comunicación, subsistemas GSM/SMS/GPS.

Módulo de Comunicación (GSM/SMS/GPS)			
Criterios	A7670SA	SIM800L	SIM900
Fiabilidad	9	5	5
Bajo consumo energía	9	3	3
Bajo costo	5	9	3
Fácil integración	9	5	5
Tamaño compacto	9	9	5
Compatibilidad técnica	9	5	3
TOTAL	50	36	24

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se hizo la evaluación de los conversores lógicos disponibles en el mercado con características adaptables al desarrollo del prototipo, a partir de esto determinó que la mejor opción es el converso lógico bidireccional simple debido a que este soporta una comunicación bidireccional en tiempo real sin añadir circuitos extras, además de su tamaño compacto.

Tabla 9. Sistema conversión de niveles lógicos, subsistemas conversores lógicos.

CONVERSOR LOGICO			
Criterios	Bidireccional simple	TXS0108E	Divisor resistivo
Fiabilidad.	9	9	3
Bajo consumo energía.	9	9	9
Bajo costo.	9	5	9
Fácil integración.	9	5	5
Tamaño compacto.	9	5	5
Compatibilidad técnica.	9	9	3
TOTAL	54	42	34

Fuente: Elaboración propia.

Los sensores de vibración evaluados en la tabla 10, para el desarrollo del prototipo, presentan una amplia diferencia de rendimiento entre sí como se evidencia en los resultados de la matriz, dejando como mejor opción es el sensor SW-420, debido a su funcionamiento confiable, ya que responde a de manera precisa a vibraciones bruscas típicas de intentos forzar o mover la motocicleta. La compatibilidad de este sensor con la unidad de control es alta ya que funciona directamente con el módulo ESP32 o Arduino.

Tabla 10. Sistema sensor de detección, subsistemas sensores de vibraciones.

SENSOR DE VIBRACION			
Criterios	SW-420	Piezoeléctrico	MPU6050
Fiabilidad.	9	5	9
Bajo consumo energía.	9	9	5
Bajo costo.	9	5	3
Fácil integración.	9	5	3
Tamaño compacto.	9	5	5
Compatibilidad técnica.	9	5	5
TOTAL	54	34	30

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11 se observan los tipos de relés evaluados los relés para la ejecución del del prototipo, donde como resultado se obtuvo que el relé de 1 canal es ideal, ya que la capacidad de conmutación DC de potencia permite controlar de manera eficiente el encendido de la bomba de inyección y la bobina de arranque, su robustez hace que tolere mejor las condiciones reales de uso como vibraciones y cambios de temperatura.

Tabla 11. Sistema de control de energía, subsistemas relés.

Relé			
Criterios	Relé 1 canal	Relé 2 canales	SSR (Relé sólido)
Fiabilidad.	9	9	9
Bajo consumo energía.	9	9	9
Bajo costo.	9	7	3
Fácil integración.	9	7	5
Tamaño compacto.	9	5	3
Compatibilidad técnica.	9	9	5
TOTAL	54	46	34

Fuente: Elaboración propia.

Luego de evaluar de los módulos radio frecuencia presentados en la tabla 12, se determinó que la mejor opción es el módulo MFRC522, dado a su excelente respaldo de librerías compatibles con el módulo ESP32 y arduino ya seleccionados, su tamaño compacto facilita su integración en el prototipo en conjunto con destacada puntuación, es ideal para las necesidades del proyecto.

Tabla 12. Sistema de autenticación, subsistema módulo de radio frecuencia RFID.

Módulo RFID			
Criterios	MFRC522	RC522 Genérico	PN532
Fiabilidad.	9	7	9
Bajo consumo energía.	9	9	9
Bajo costo.	9	9	5
Fácil integración.	9	7	5
Tamaño compacto.	9	7	5
Compatibilidad técnica.	9	7	9
TOTAL	54	46	24

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Selección y descripción de componentes según criterios técnicos de funcionamiento.

Los componentes del prototipo se seleccionan según criterios técnicos, funcionales y económicos que aseguren el cumplimiento de los objetivos de diseño.

1 Unidad de control:

ARDUINO UNO (Seleccionado fase 1):

Ventajas:

Fácil uso, gran comunidad de usuarios y bajo costo.

Desventajas:

No cuenta con Wifi y Bluetooth integrados, baja capacidad de procesamiento, compatibilidad técnica limitada.

Comparativa:

Frente al ESP32, queda rezagado en consumo, costo y conectividad. Respecto al Raspberry Pi Pico, es menos eficiente y más caro, aunque más fácil de usar para principiantes.

Conclusión:

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de las unidades de control presentadas anteriormente, se determinó usar el **ARDUINO UNO** como el microcontrolador para el prototipo en primera fase, debido a su bajo costo, acompañado de su fácil uso, lo cual facilita de manera dinámica el control con el prototipo en la fase 1 destinada a pruebas de funcionamiento.

ESP32 (seleccionado fase 2).

Ventajas:

Mayor fiabilidad de funcionamiento, compatibilidad técnica con Arduino IDE y Micro Python, librerías de soporte amplio.

Desventajas:

Tamaño aceptable, siendo más grande que el Raspberry Pi Pico.

Comparativa:

Frente al Raspberry Pi Pico, el ESP32 tiene mayor compatibilidad técnica y conectividad integrada, aunque el Pico lo supera en tamaño más compacto. Frente al Arduino UNO, el ESP32 es superior en consumo, costo, integración y conectividad. El Arduino UNO solo destaca en facilidad de uso para principiantes.

Conclusión:

El ESP32 fue seleccionado ya que ofrece el mejor balance entre costo, eficiencia energética, compatibilidad y potencia. Es el más adecuado para desarrollo del prototipo seguridad en motocicletas, ya que permite integrar comunicación inalámbrica sin módulos adicionales.

2 Modulo de comunicación

Modulo A7670SA (Seleccionado):

Ventajas:

Mayor compatibilidad, cuenta con LTE, GSM, SMS, NB-IOT, bajo consumo energético, alta velocidad, tamaño compacto.

Desventajas:

Costo más alto, 35.000-50.000 COP.

Comparativa:

Frente al SIM800L, el A7670SA ofrece mejor eficiencia energética y mayor compatibilidad en redes modernas, aunque el SIM800L es más económico. Respecto al SIM900, el A7670SA lo supera ampliamente en velocidad, compatibilidad y eficiencia, ya que el SIM900 es un modelo más antiguo y limitado.

Conclusión:

De acuerdo con las comparativas presentadas en la sección de módulos de comunicación, se determina que se hará uso del **Módulo A7670SA**, debido a que cuenta con mayores prestaciones, como lo son la compatibilidad, el bajo consumo energético y el tamaño compacto.

3 Conversore lógico

Conversor simple bidireccional (Seleccionado):

Ventajas:

Económico, Fácil de usar, Protege circuitos de 3.3V.

Desventajas:

No regula corriente, solo voltaje lógico.

Comparativa:

El TXS0108E ofrece un desempeño confiable, pero su costo es mayor y su integración más compleja en comparación con el conversor simple. El divisor resistivo es el más económico, pero presenta problemas de fiabilidad y compatibilidad, además de no ser seguro para proteger los módulos más sensibles.

Conclusión:

Debido a su versatilidad y sencillez se decide seleccionar el converso lógico bidireccional ya que es ideal para proteger módulos o circuitos de 3.3 V, en este caso el módulo a usar es el A7670sa.

4 Sensor de vibración

SW-420 (Seleccionado):

Ventajas:

Muy económico, Fácil de implementar, Ideal para vibraciones simples.

Desventajas:

No mide intensidad, Sin calibración precisa.

Comparativa:

El MPU6050 ofrece información más completa (vibración, orientación y movimiento), pero su costo y complejidad son mayores, además de consumir más energía. El sensor piezoeléctrico es más sensible que el SW-420, pero menos confiable y más difícil de calibrar.

Conclusión:

El SW-420 cumple con su función de manera correcta detectando movimientos sospechosos y generando la alerta de manera indicada, con un bajo costo.

5 Relé

Relé de 1 canal (Seleccionado):

Ventajas:

Económico, Ideal para una sola línea de control, Aislado ópticamente.

Desventajas:

Solo una salida, Sin protección contra sobrecargas.

Comparativa:

El relé de 2 canales permite controlar más dispositivos, pero su tamaño y costo son mayores y no se justifican para este proyecto. El SSR o relé sólido ofrece mayor durabilidad y silencio en la conmutación, pero es más caro y su aplicación no es necesaria en un sistema sencillo de encendido.

Conclusión:

El diseño de eléctrico del prototipo no requiere de un relé de alta complejidad o funciones, por ende, el relé de 1 canal es suficiente para la función de interrumpir el sistema de encendido o inyección de la motocicleta.

6 Modulo RFID

MFRC522 (Seleccionado)

Ventajas:

Muy económico, Compatible con Arduino, Lectura de tarjetas MIFARE.

Desventaja:

Corto alcance de lectura, dispuesto en un radio de (1 -3 cm), lectura no simultánea.

Comparativa:

El PN532 es más avanzado y soporta NFC, además de ofrecer mayor alcance, pero su alto costo y dificultad de integración no se justifican en el proyecto. El RC522 genérico es económico como el MFRC522, pero su rendimiento es menos confiable debido a variaciones en calidad según el fabricante.

Conclusión:

El MFRC522 es el módulo indicado para las necesidades del proyecto debido a su versatilidad y economía ya que cuenta con una lectura precisa ejecutado por el módulo instalado en la motocicleta.

3.2.3 Requerimientos de diseño para carcasa de protección.

El diseño de la carcasa del prototipo es una etapa fundamental para garantizar la protección, funcionalidad y durabilidad del prototipo, esta debe cumplir con una serie de requerimientos de diseño que a su vez garanticen un excelente desempeño en condiciones reales de uso,

Teniendo en cuenta las condiciones de uso a las que va a estar sometido el prototipo se determinó orientar el diseño bajo los siguientes criterios técnicos:

- Resistencia a la humedad: dado que el dispositivo estará expuesto a condiciones ambientales reales, se han considerado elementos de sellado hermético con el fin de evitar el ingreso de agua o humedad que pueda afectar las conexiones electrónicas internas.
- Tolerancia a vibraciones: se deben diseñar soportes o sujeciones internas, para mitigar y absorber las vibraciones generadas por el funcionamiento del vehículo o por irregularidades del terreno.
- Resistencia térmica: los materiales seleccionados deben soportar los rangos de temperatura derivados del funcionamiento interno del sistema. Se aplicó el uso de filamento resistente al calor.

- **Tamaño:** el diseño debe ocupar el menor espacio posible con fin de no comprometer la accesibilidad a los componentes internos. Permitiendo una instalación práctica y discreta en la motocicleta. Se estipula la ubicación del prototipo en la sección posterior de la motocicleta presentada en la ilustración 7, debajo de la silla trasera de la motocicleta, este espacio se evidencia en la ilustración 10.
- **Autonomía:** es necesario determinar un proceso de fabricación que sea lo más autónomo posible, con el fin de reducir tiempos de producción, conjunto a esto el tipo de material empleado en el proceso.
- **Costos de fabricación:** el desarrollo del proyecto requiere un material de fabricación con una excelente relación costo beneficio.
- **Facilidad de fabricación:** de acuerdo con los requerimientos mencionados en el ítem de autonomía, es fundamental contar con un material que permita modelar y fabricar la carcasa de protección con la mayor facilidad y autonomía posible, reduciendo costos y tiempos de producción.
- **Acabado Estético:** es de importancia evaluar y seleccionar de manera precisa el material de fabricación del prototipo, ya que el diseño debe contar con acabados estéticos funcionales, herméticos y seguros como los son bordes de aristas redondeados, debido a que aristas rectas podrían generar daños de manipulación o de funcionamiento, como causar fisuras o cortes en circuitos eléctricos de la motocicleta.

3.2.4 Aplicación metodología QFD carcasa de protección.

Teniendo en cuenta los requerimientos de diseño para la carcasa de protección del dispositivo, el material de la misma debe cumplir con una serie de estándares que aseguren un correcto desempeño en su entorno funcional dentro de la motocicleta, adicionalmente, el material seleccionado debe contar con características viables para una fácil fabricación manteniendo un bajo costo en la etapa de prototipado y, al mismo tiempo presentar una solución cercana a la producción en masa mediante el moldeo por inyección de plástico.

Con base a lo anteriormente mencionado, se presenta la comparativa en la tabla 13, la cual contiene un matiz QFD, para la evaluación de la matriz se establece una escala de evaluación donde 1 es la calificación más baja y 9 la calificación más alta, A partir de esto se exponen las opciones de materiales viables para la ejecución correcta del prototipo.

Tabla 13. QFD comparativa de materiales.

MATERIAL CARCASA DE PROTECCIÓN			
Criterios	Impresión 3D (PEGT/PLA)	Acrilico (placas cortadas)	Lamina metalica (chapa doblada)
Resistencia a humedad.	6	5	7
Resistencia a vibraciones.	6	6	5
Resistencia a temperatura.	8	7	6
Tamaño compacto.	9	5	4
Autonomía.	8	6	6
Costo de fabricación.	8	6	4
Facilidad de fabricación.	8	5	5
Acabado estetico.	9	7	7
TOTAL	62	47	44

Fuente: Elaboración propia.

Luego de evaluar las opciones de materiales óptimos para emplear en el prototipado, se determina seleccionar la impresión 3D, ya que resulta ser la mejor opción de prototipado, además de acercarse mucho a una carcasa real de inyección plástica.

3.3 APLICACIÓN METODOLOGÍA QFD CONEXIONES ELÉCTRICAS.

3.3.1 Requerimientos de conexiones.

Debido a las condicione de uso adversas al que el prototipo puede llegar a someterse es importante establecer protecciones eléctricas y de visualización operativa, ya que el sistema de conexiones es el encargado de garantizar una alimentación eficiente y segura para el prototipo, dicho esto se establecieron los subsistemas dentro del circuito de eléctrico de funcionamiento.

A continuación, se presentan las matrices QFD:

- Sistema de alimentación:

Teniendo en cuenta que alimentación principal del prototipo se obtiene directamente de la batería de la motocicleta siendo esta su fuente de (12V), se debe evaluar la fuente externa que garantice el funcionamiento del prototipo en caso de hurto y desconexión de la fuente principal, para esto se necesita una fuente externa que suministre un mínimo de 3.7 v. en la tabla 14 se establece una evaluación numérica de selección, donde 1 es la calificación más baja y 9 la calificación más alta.

Tabla 14. Subsistema de alimentación.

Fuente de alimentación externa		
Criterios	Bateria 3,7 v	Power bank 5v
Autonomia.	9	7
Fiabilidad.	8	8
Bajo costo.	9	5
Tamaño compacto.	9	4
TOTAL	35	24

Fuente: Elaboración propia.

Al término de la evaluación del QFD, nos da como resultado la selección de la batería de la motocicleta por condiciones como la Fiabilidad, economía y fácil acceso, teniendo en cuenta las condiciones de uso o en caso de hurto, se presenta desconexión de la batería (fuente principal), se tendrá una fuente externa de dos baterías de 3.7 V, 800 mAh y 3.3 wh las cuales garantizan una autonomía de 24 h de funcionamiento del prototipo después de una desconexión con la fuente principal, tiempo valioso para la recuperación de la motocicleta.

A pesar de la ventaja que brinda su portabilidad, el Power bank dependería de un tomacorriente para hacer su recarga energética.

- Protección del circuito:

En la tabla 15 se presentan las opciones contempladas para la protección del circuito con el fin de evitar daños producidos por sobrecargas de corriente o inversiones de polaridades. La selección de del módulo de protección se hará con la ayuda de una evaluación numérica donde, 1 es la calificación más baja y 9 la calificación más alta.

Tabla 15. Subsistema protección de circuito.

Protección del circuito			
Criterios	Fusible + Diodo	Polyswicht (PTC)	Modulo LM2596
Fiabilidad.	9	7	9
Bajo consumo energía.	9	7	5
Bajo costo.	9	9	7
Fácil integración.	9	7	9
Tamaño compacto.	9	9	5
TOTAL	45	39	35

Fuente: Elaboración propia.

Al término de la evaluación del QFD, el resultado de selección es el fusible más diodo ya que permite una protección simple y efectiva en casos de errores de conexión o sobrecargas, añadiendo su optimización de espacio ya que en comparación con los demás la reducción de espacio en la PCB es de 0.5 cm² respecto el polyswicht y 7.5 cm² respecto al LM2596, añadiendo su bajo costo.

- Visualización de funcionamiento:

Esta sección es importante debido a que es un método de apoyo para verificar y garantizar el funcionamiento óptimo del circuito, en la tabla 16 se establece la comparativa entre métodos de visualización. Evaluados numéricamente donde, 1 es la calificación más baja y 9 la calificación más alta.

Tabla 16. Subsistema de visualización de funcionamiento.

Visualización de funcionamiento			
Criterios	LED indicador	Pantalla OLED 12c	Zumbador o buzzer
Fiabilidad.	9	7	5
Bajo consumo energía.	9	5	7
Bajo costo.	9	5	9
Fácil integración.	9	7	9
Tamaño compacto.	9	7	9
TOTAL	45	31	39

Fuente: Elaboración propia.

Al término de la evaluación del QFD, como resultado se obtiene la selección de led indicador, ya que su versatilidad y bajo consumo energético permite hacer del prototipo más ligero y compacto de señalización clara y directa.

- Tipo de cableado:

La tabla 17 tiene como objetivo principal establecer la interconexión segura y confiable entre cada uno de los componentes del prototipo ya que la selección del cableado afecta directamente la fiabilidad, calidad y facilidad de ensamblaje así mismo el rendimiento eléctrico y durabilidad del prototipo en condiciones de uso reales. Para la evaluación de los componentes se establece una calificación numérica donde, 1 es la calificación más baja y 9 es la calificación más alta.

Tabla 17. Subsistema tipo de cableado.

Tipo de cableado			
Criterio	Cable industrial JST	Cables trenzados	Cable Dupont
Facilidad de conexión.	9	5	7
Fiabilidad.	7	9	9
Tamaño y flexibilidad.	9	7	5
Costo.	9	7	5
Mantenimiento.	9	5	7
Compatibilidad.	9	7	7
TOTAL	52	40	40

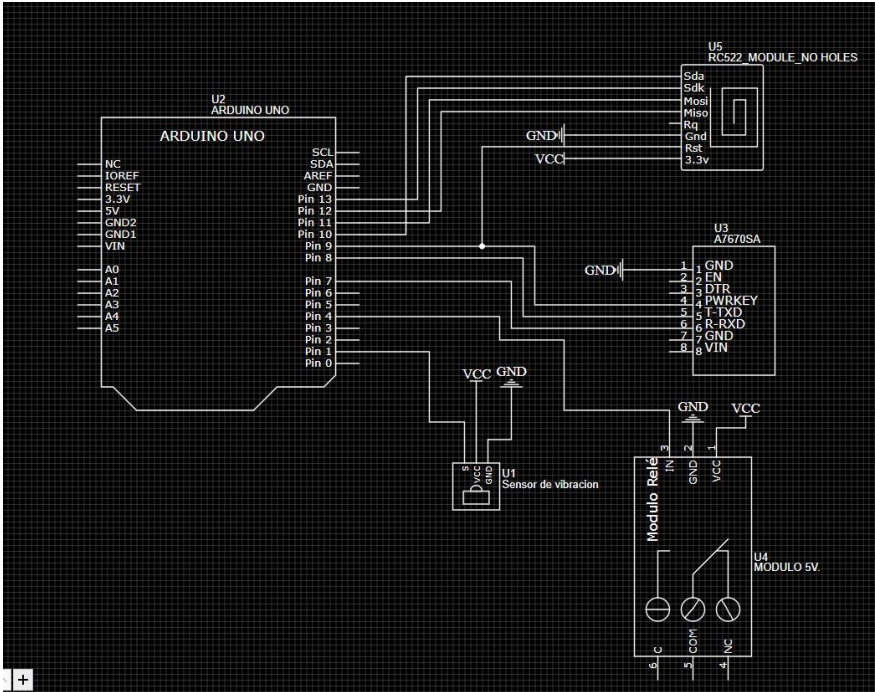
Fuente: Elaboración propia.

Al término de la evaluación del QFD, da como resultado la selección de cable industrial JST en un calibre de 26 AWG, debido a la compatibilidad con los módulos que se implementaran en el prototipo como lo es el ESP32 y A7670SA, añadiendo su alta fiabilidad y seguridad en entornos de vibración constante, por consiguiente, se presenta como una solución definitiva garantizando una alta duración.

3.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL DISPOSITIVO.

Teniendo en cuenta los componentes seleccionados se procede a integrarlos por medio del desarrollo del diagrama de conexiones del prototipo en primera fase, se presenta a continuación en la ilustración 23, el esquema de conexiones del prototipo, dado que es esencial, pues ilustra de forma visual las conexiones y el funcionamiento del prototipo, mejorando el método de transmitir información al lector.

Ilustración 23. Diagrama de conexiones



Fuente: Elaboración propia.

4 ETAPA DE FABRICACIÓN

Considerando la etapa anterior, en la que se llevó a cabo un análisis e investigación acerca de diferentes tecnologías de apoyo para la fabricación del prototipo, se consiguió definir los módulos y componentes adecuados que proporcionarán una buena operación del prototipo, para luego llevar a cabo el montaje y Fabricación de este.

Por tanto, esta etapa, se enfocará en la fabricación del prototipo. Además, se llevará a cabo la adquisición, ensamble, y fabricación para esta fase del proyecto, que se fundamentan en la compra de módulos y componentes previamente mencionados, el desarrollo de conexiones internas de funcionamiento, la implementación de la comunicación e interacción con el prototipo a través de SMS, y, simultáneamente, el ensamblaje de presentación final para continuar con la siguiente etapa.

4.1 ADQUISICIÓN MÓDULOS Y COMPONENTES.

En este apartado, se evidencia la adquisición y compra de los módulos y componentes requeridos para ejecutar las conexiones del prototipo.

Modulo Arduino.

En la ilustración 24 se muestra la adquisición de la unidad de control seleccionada en la primera fase, tal como se indica en la tabla 7. Este módulo es el encargado de establecer la estructuración y programación del prototipo, funcionando como la unidad principal a la cual se conectan los demás módulos y sensores.

Ilustración 24. Modulo Arduino.



Fuente: Elaboración propia.

Modulo A7670SA.

En la ilustración 25 se presenta el módulo A7670SA, encargado de la transferencia de datos de comunicación mediante las tecnologías GSM, SMS y GPS. En la imagen se observan sus cables de conexión para alimentación eléctrica y transmisión de datos. Este módulo se encuentra interconectado con la unidad de control del prototipo, permitiendo la comunicación y gestión de la información.

Ilustración 25. Conexiones de corriente y de transferencia de datos del módulo A7670SA.



Fuente: Elaboración propia.

Relé.

En la ilustración 26 se observa el relé con sus cables de conexión debidamente ensamblados, los cuales se integran al circuito principal a través de la unidad de control, permitiendo la conmutación del sistema según las señales enviadas por el microcontrolador.

Ilustración 26. Conexiones de corriente y de datos del relé.

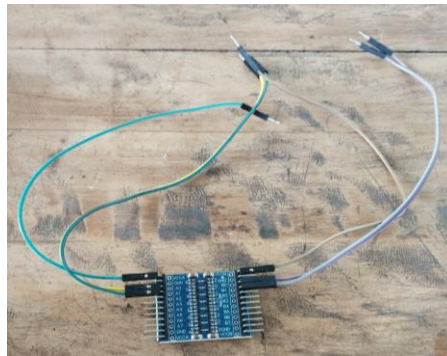


Fuente: Elaboración propia.

Conversor lógico.

En la ilustración 27 se muestra el conversor lógico bidireccional con sus respectivos cables de conexión. Este componente se encarga de adaptar los niveles de voltaje de 5 V a 3,3 V dentro del circuito del prototipo, según sea necesario. Se encuentra conectado a la unidad de control a través del circuito principal y, a su vez, al módulo A7670SA para garantizar una comunicación estable y segura entre ambos dispositivos.

Ilustración 27. Conversor lógico bidireccional de 5 a 3,3 voltios.



Fuente: Elaboración propia.

Módulo RFID.

En la ilustración 28 se presenta el módulo RFID con sus respectivas conexiones de datos y voltaje. Este módulo se encuentra conectado tanto a los relés como a la unidad de control, permitiendo la lectura y verificación de las etiquetas para la activación o desactivación del sistema de seguridad del prototipo.

Ilustración 28. Módulo RFID, conexiones de voltaje y datos.



Fuente: Elaboración propia.

Sensor de vibraciones.

En la ilustración 29 se presenta el sensor de vibraciones con sus respectivas conexiones. Este componente se encuentra vinculado a la unidad de control del prototipo, permitiendo la detección de movimientos o impactos anómalos que puedan indicar intentos de manipulación o robo del vehículo.

Ilustración 29. Sensor de vibraciones y sus conexiones.



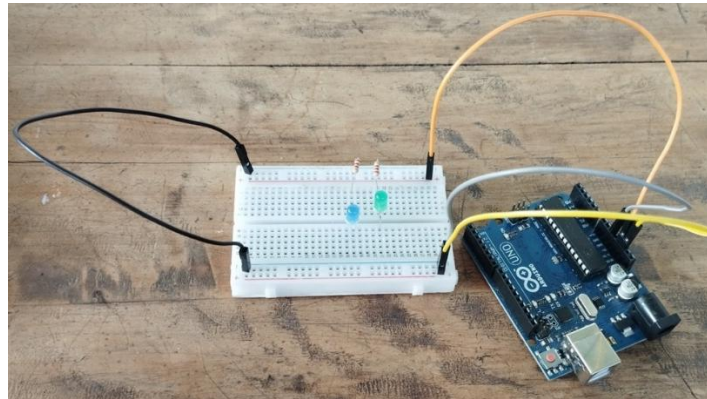
Fuente: Elaboración propia.

4.2 ENSAMBLE Y CONEXIÓN DE COMPONENTES EN PRIMERA FASE.

En esta sección se muestra mediante ilustraciones, la secuencia de las conexiones utilizadas para el funcionamiento del prototipo, rigiéndose por el diagrama de conexiones presentado en la ilustración 23. Garantizando un funcionamiento óptimo del prototipo.

En la ilustración 30 se presenta la conexión de dos LED mediante una placa Arduino Uno, con el propósito de verificar el correcto funcionamiento del sistema y la respuesta del circuito ante las señales de control.

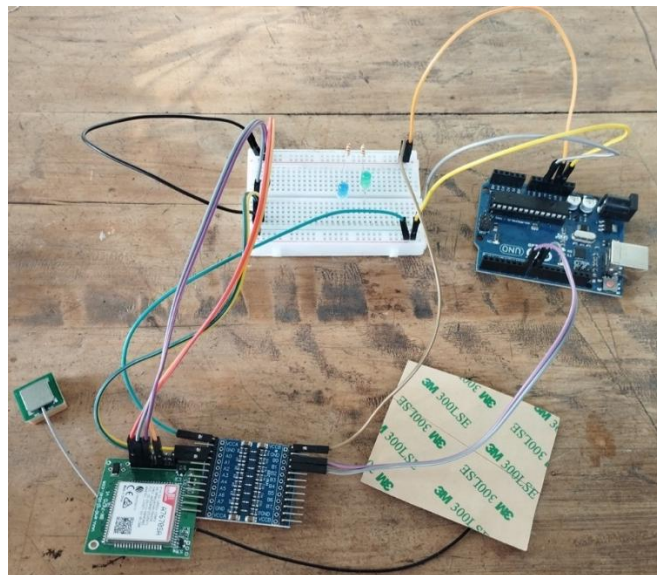
Ilustración 30. Conexión Arduino a protoboard, de 3,3 y 5 voltios, además del negativo.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 31 se muestra la conexión del módulo A7670SA a la placa Arduino Uno mediante un convertor lógico bidireccional, con el fin de adaptar las señales de 5 V a 3.3 V. Este montaje tiene como propósito permitir la recepción de mensajes SMS a través del módulo y de esta manera, posibilitar el control remoto de los LED conectados al sistema.

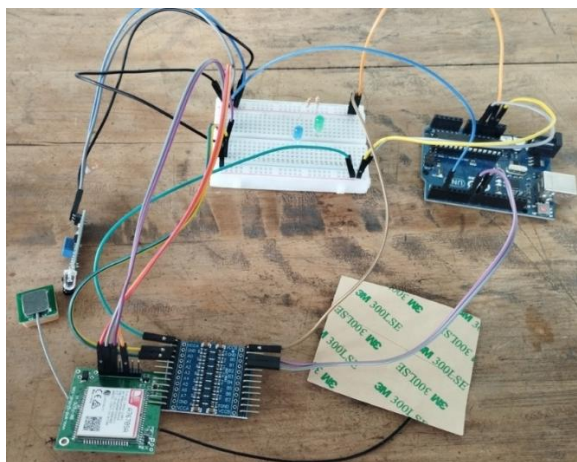
Ilustración 31. Conexión del módulo a7670sa con el regulador de voltaje y el Arduino.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 32 se incorpora un sensor de vibración, el cual envía una señal cada vez que se detecta un movimiento. Gracias a la conexión con el módulo A7670SA, el sistema puede enviar notificaciones mediante mensajes SMS a un número de teléfono previamente configurado, permitiendo así la detección remota de eventos de vibración.

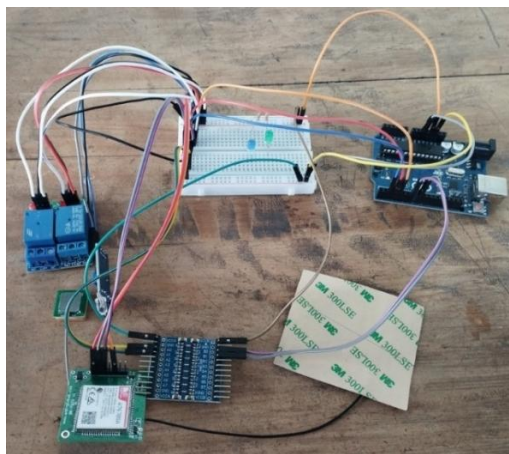
Ilustración 32. Integración del módulo infrarrojo.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 33 se implementan dos módulos relé, los cuales tienen como propósito establecer las conexiones externas hacia la motocicleta. Estos módulos permiten realizar las funciones de encendido y apagado del sistema mediante el envío de mensajes SMS o el uso de tarjetas RFID, facilitando el control remoto y la seguridad del prototipo.

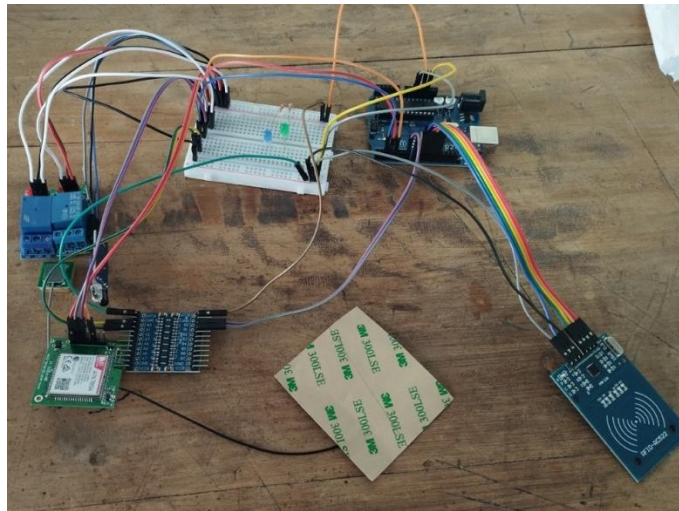
Ilustración 33. Implementación de módulos relé.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 34 se evidencia el montaje completo del prototipo con todos sus subsistemas, entre los que se incluyen el módulo RFID, los módulos relé, el sensor de vibración y el módulo A7670SA. Este último incorpora dos antenas, una destinada a la obtención de coordenadas GPS y otra para la conexión a la red telefónica, permitiendo la comunicación y el control remoto del sistema.

Ilustración 34. Montaje completo con el módulo RFID.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 DEFINICIÓN DE COMUNICACIÓN CON EL PROTOTIPO.

4.3.1 Código de Comunicación SMS

En esta sección se establecerá mediante un diagrama de flujo el código de comunicación del prototipo el cual se presenta de manera completa en el Anexo A con la motocicleta a través de mensajes de texto, donde se pueden observar los segmentos que conforman el código y su función. Esta sección está concebida para la intervención del sistema eléctrico y electrónico de la motocicleta, dado que será el encargado de transmitir la señal para el bloqueo o activación de la inyección en la motocicleta y, simultáneamente, proporcionará la ubicación o posicionamiento GPS del prototipo.

Diagrama de flujo código de comunicación

Inicio



Configuración de pines, módulos GSM y RFID



Loop principal:

└─▶ [Sensor de movimiento activado]

| └─¿Alarma activa y no se ha enviado SMS?

| | └─Sí → Enviar SMS de alerta ("DETECTADO")

| | └─No → No hacer nada



| Restablecer bandera si sensor vuelve a LOW



└─▶ [Leer SMS entrantes desde GSM]

| └─¿Se recibió línea de texto?

| | └─Sí → Procesar contenido

| | | └─Encender/Apagar LED

| | | └─Activar/Desactivar optoacoplador 1

| | | └─Activar/Desactivar alarma

| | └─No → Repetir lectura



└─▶ [Leer tarjeta RFID]

| └─¿Hay una tarjeta nueva y válida?

| | └─Sí → Comparar con tarjetas autorizadas

| | | └─Coincide → Activar optoacoplador 2 en 10 seg

| | | └─No → Ignorar

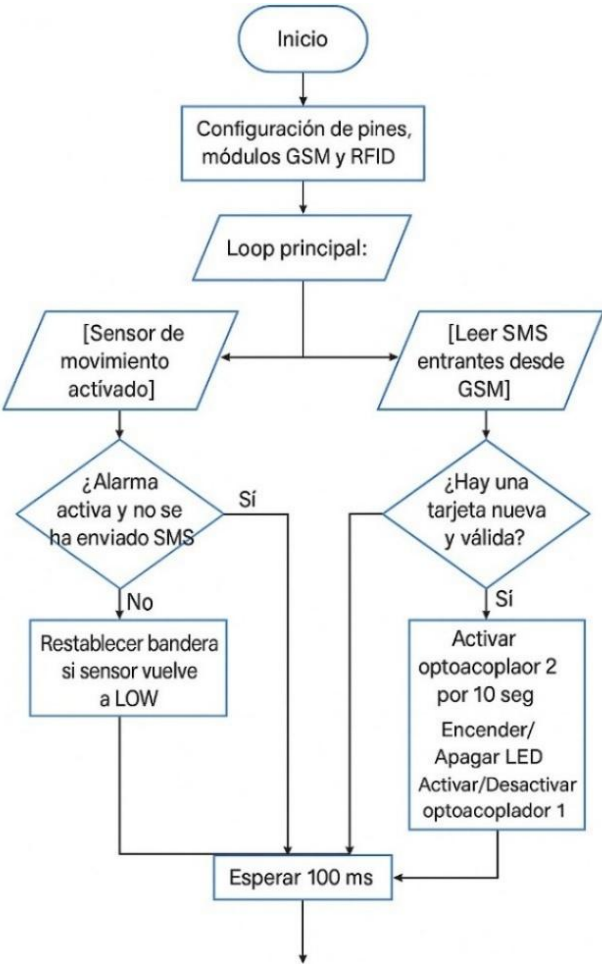
| | └─No → Continuar



Esperar 100 ms → Repetir ciclo

A continuación, en la ilustración 35 se presenta el diagrama de flujo de comunicación del prototipo, el cual amplía y detalla el esquema mostrado previamente en el ítem 4.3.1, ofreciendo una representación más desglosada del proceso de interacción entre los módulos y la unidad de control.

Ilustración 35. Diagrama de flujo código de comunicación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL PROTOTIPO EN PRIMERA FASE.

En este ítem se presenta un bocetó de la carcasa de ensamblaje ajustada a los requerimientos de diseño establecidos en la sección 3.2.3. Seguidamente, se presenta el ensamblaje correspondiente a la fabricación del prototipo, con el fin de ejecutar los criterios establecidos y aspecto visual del prototipo. Para así continuar con la fase de evaluación de funcionamiento.

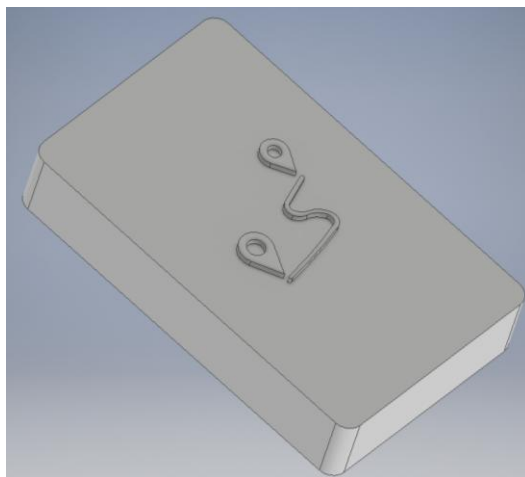
4.4.1 Boceto de carcasa en primera fase.

En esta fase del diseño se enfocó en la presentación y protección del prototipo, donde se empleó el uso del software Inventor Autodesk, para establecer el diseño y dimensiones de la carcasa de protección del prototipo, continuamente se establecen las medidas requeridas para el diseño que se disponen de 12 cm de largo, 7 cm de ancho, 7 cm de altura y un espesor de impresión de 5 mm, a continuación,

se dispone la visualización los bocetos de diseño de la carcasa en un modelado 3D, las cuales cuentan con los planos y mediadas en los anexos C.

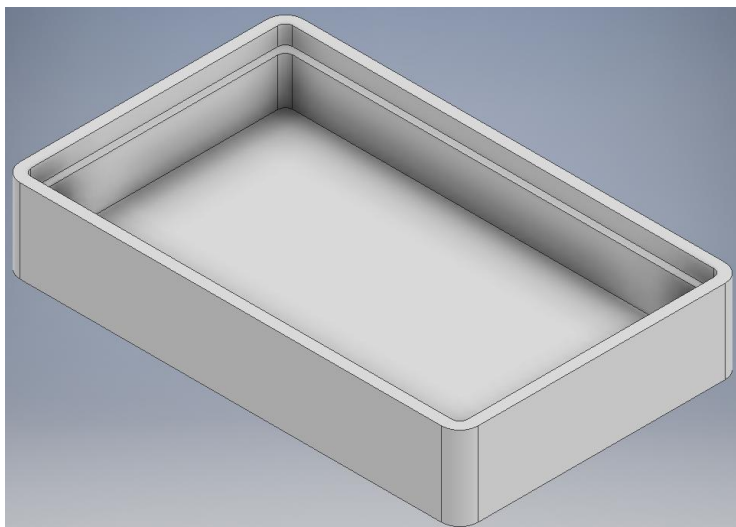
En la ilustración 36 y 37 se muestra la tapa superior de la carcasa, la cual presenta bordes redondeados y ángulos rectos que aportan una adecuada simetría al diseño. Además, se incorpora una hendidura de 5 mm de alto por 2 mm de ancho en el contorno inferior interno de la tapa, con el propósito de mejorar el ajuste y el acople con la base del dispositivo.

Ilustración 36 Carcasa protectora, tapa superior, vista superior del prototipo primera fase.



Fuente: Elaboración propia.

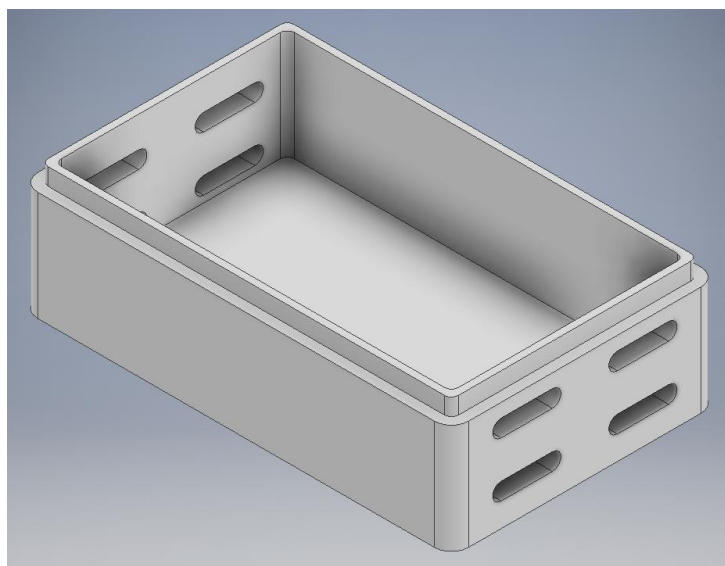
Ilustración 37 Carcasa protectora, tapa superior, vista inferior del prototipo primera fase.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 38 se muestra la tapa inferior de la carcasa, la cual cuenta con cuatro ranuras de ventilación y un sobre relieve perimetral de 2 mm de espesor por 5 mm de altura. Este elemento cumple la función de facilitar el encaje y el sellado con la tapa superior presentada en la ilustración 36, garantizando un acople hermético adecuado y una mejor protección del dispositivo.

Ilustración 38. Carcasa protectora, tapa inferior del prototipo primera fase.



Fuente: Elaboración propia.

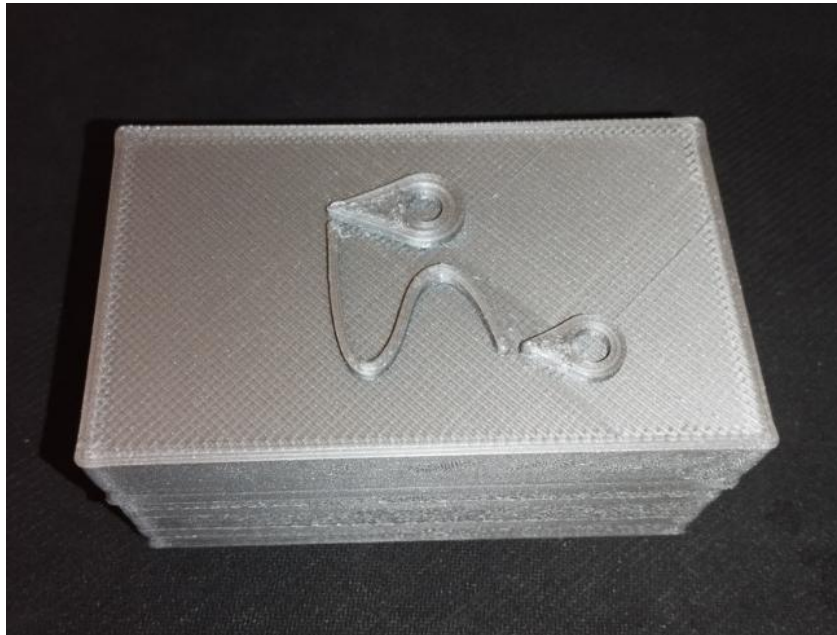
4.4.2 Ensamblaje real del prototipo en primera fase.

En esta sección se realiza el ensamblaje del prototipo, donde se muestran los componentes integrados de forma compacta, dispuestos en su caja de protección, para luego concluir su presentación final.

4.4.2.1 Presentación de la carcasa de protección en primera fase.

A continuación, en la ilustración 39, se presenta la carcasa de protección impresa en 3D, operativa y ajustada a presión. Esta incorpora silicona de alta adherencia para evitar desprendimientos ocasionados por vibraciones, garantizando así una fijación segura. Su sistema de ensamblaje rápido y de autoajuste facilita el montaje y mantenimiento del prototipo.

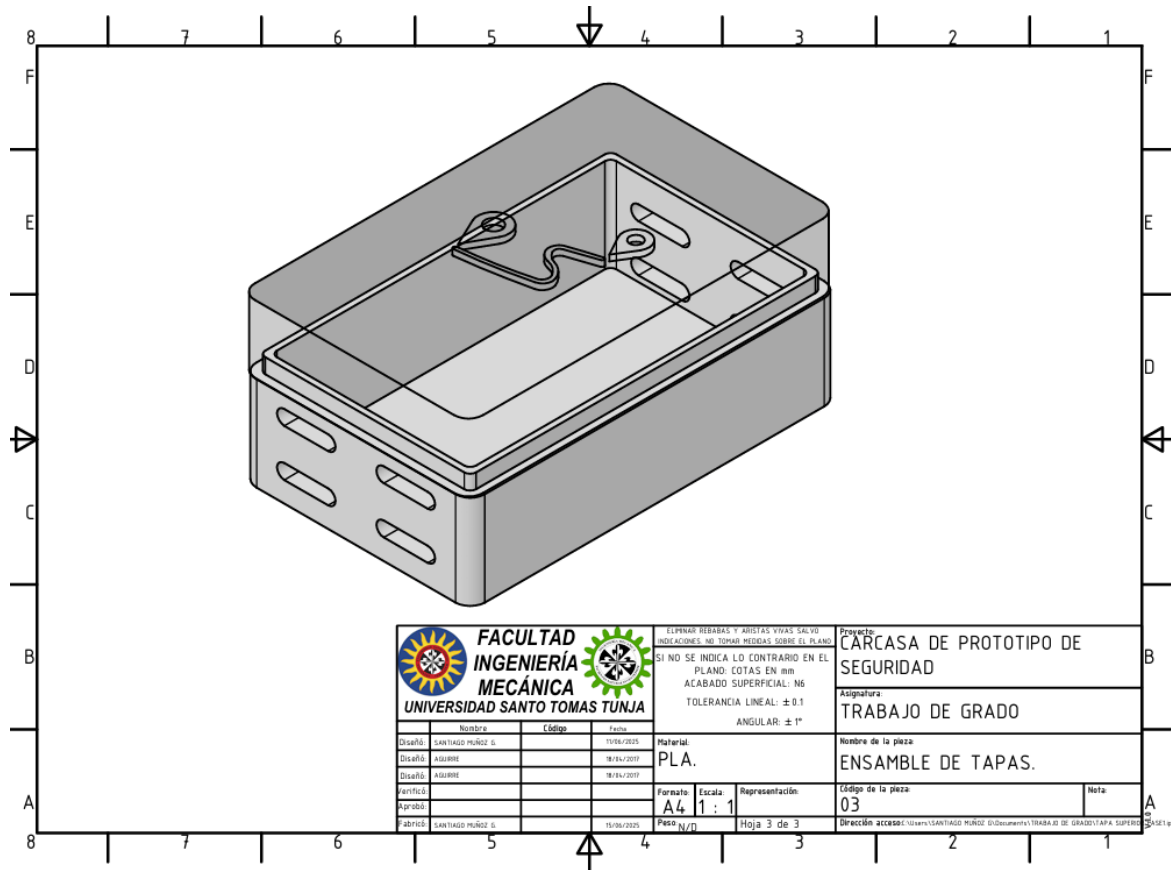
Ilustración 39. Carcasa impresa en 3D, tapas cerradas.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 40, se muestran el plano de ensamble de representación de las ilustraciones 38 y 39 debidamente ensambladas con el fin de brindar claridad en el ajuste eremítico entre piezas como se muestra en la ilustración 39.

Ilustración 40. Plano ejemplo de ensamble carcasa, tapas cerradas.

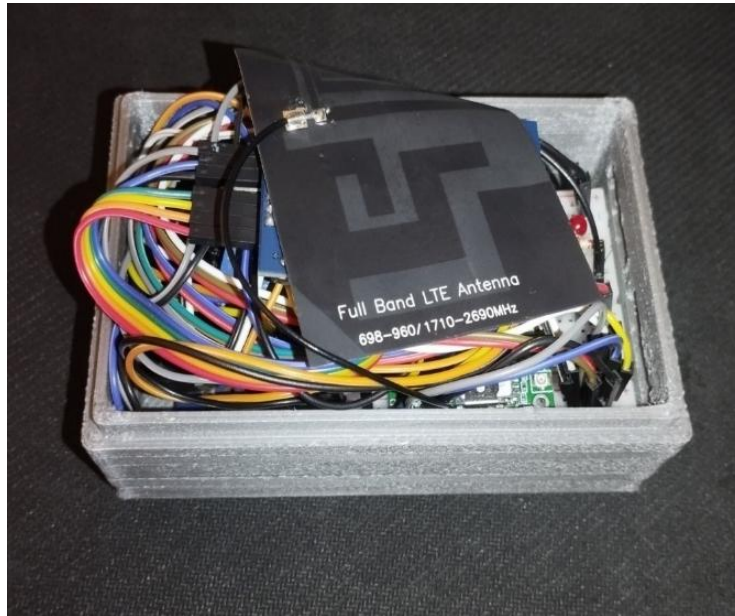


Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.2 Presentación de la carcasa de protección módulos ensamblados y montados primera fase de prototipado.

En la ilustración 41 se observan todos los módulos y componentes conectados e incorporados dentro de la carcasa en su primera fase de ensamblaje, listos para ser sellados herméticamente mediante la colocación de la tapa superior.

Ilustración 41. Carcasa impresa en 3D, tapa superior abierta módulos ensamblados.



Fuente: Elaboración propia.

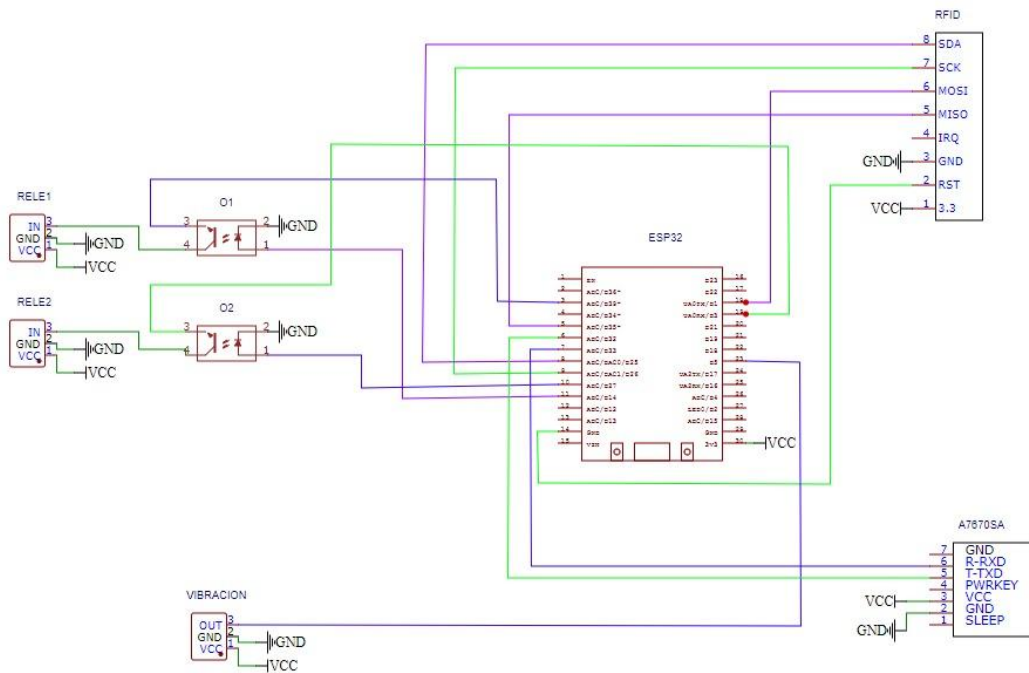
De acuerdo con lo presentado en los ítems 4.4.2.1 y 4.4.2.2, en las ilustraciones 37,38,39 y 41 del proceso de ensamblaje final del prototipo en primera fase, se concluye que se obtiene un prototipo poco robusto ya que la conexión mediante protoboard no satisface las necesidades de resistencia, operativamente el prototipo cumple con el funcionamiento electrónico de manera adecuada, pero que no logra satisfacer los requerimientos de diseño. en aspectos como a la selección de conexiones, cables y elementos de fabricación como el uso de una PCB o placa de conexiones que brinde las ganancias de resistencia necesarias de uso, ya que se presentan los componentes conectados individualmente lo cual genera un requerimiento de un espacio considerable. añadiendo que el tipo de cable y conexiones que se utilizó en condiciones reales de uso, no soportarían las vibraciones, por consiguiente, se lleva a cabo la evolución del prototipo a la segunda fase de fabricación y ensamblaje, que se presenta a continuación.

4.5 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL PROTOTIPO EN SEGUNDA FASE.

4.5.1 Rediseño diagrama conexiones.

En esta sección se establece el nuevo diagrama de conexiones establecido, con el fin de mejorar la comunicación y ejecución de actividades por parte del prototipo, donde se tuvo en cuenta hacer el reemplazo del módulo de control seleccionado en primera fase, por un microcontrolador más eficiente como lo es el caso del ESP32. A continuación se presentará en la ilustración 42 el rediseño del diagrama de conexiones.

Ilustración 42. Rediseño diagrama de conexiones.



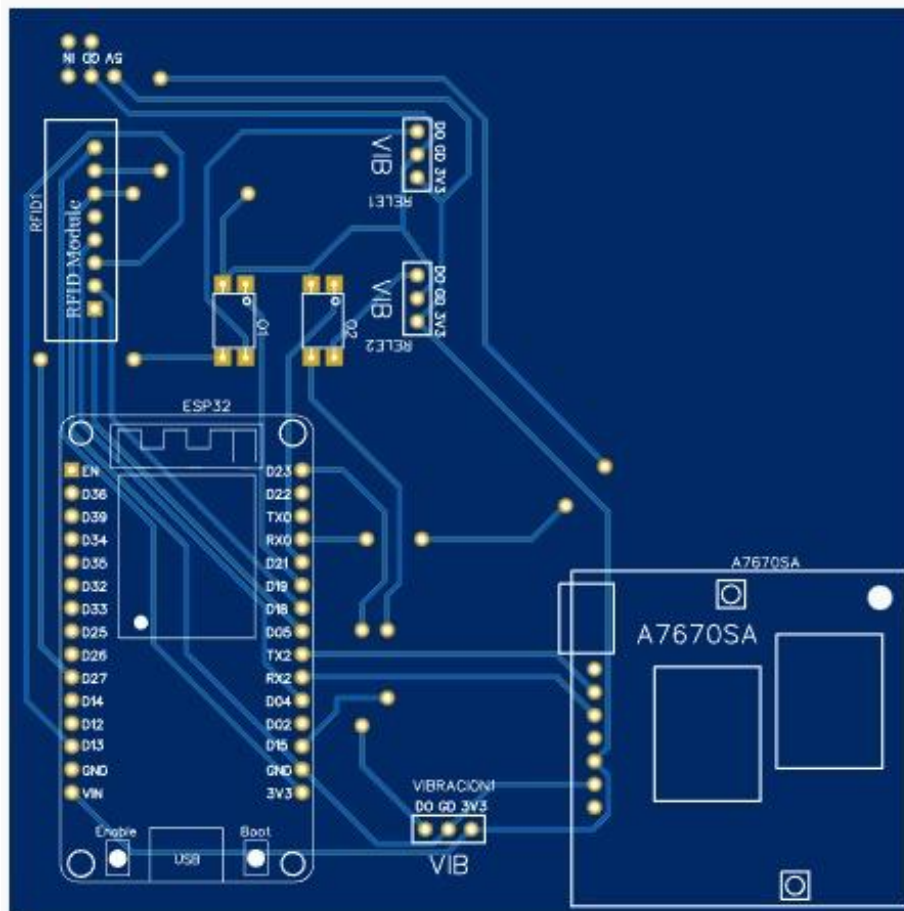
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, aunque se modifique el diagrama de conexiones en el rediseño e implemente el módulo ESP32, estos cambios no alteran la programación ni el funcionamiento del prototipo en su primera fase. Las modificaciones realizadas tienen como objetivo optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia general del prototipo.

4.5.2 Diseño PCB conexiones eléctricas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera fase mediante pruebas de resistencia del prototipó donde fue sometido a vibraciones constantes se identificó inestabilidad en conexiones causando fallos en la comunicación y funcionamiento en general del dispositivo, dicho esto y basándose en los requerimientos de diseño se determinó diseñar una placa de conexiones, ya que sus prestaciones generan garantías de una alta resistencia a vibraciones constantes. A continuación, en la ilustración 43, se presenta el diseño de la placa PCB de conexiones.

Ilustración 43. Diseño de PCB software proteus.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3 Boceto de carcasa en segunda fase.

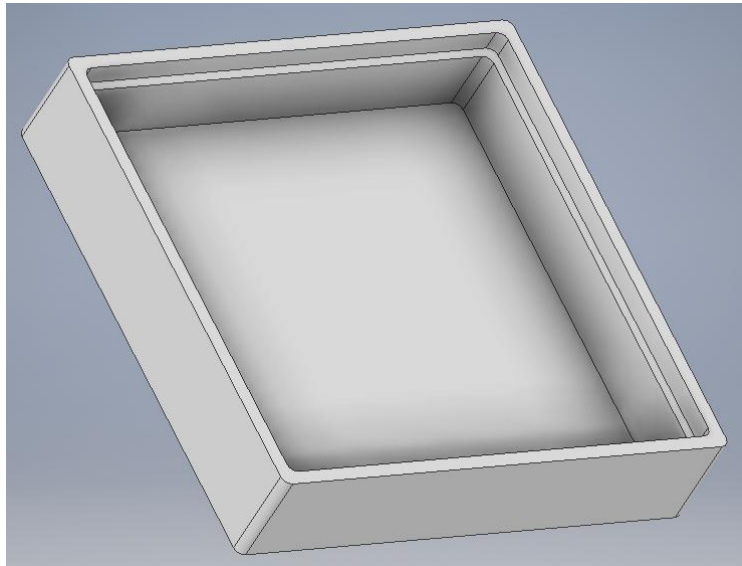
De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera fase de diseño de la carcasa de protección y considerando los requerimientos funcionales, se realizaron ajustes estructurales orientados a optimizar la ejecución y protección del prototipo frente a la humedad como se muestra en la ilustración 44, 45 y 46. Para ello, se reemplazaron las ranuras por orificios más compactos ubicados en la parte inferior izquierda de la carcasa con medida de 1 cm del centro del primer orificio con respecto a la cara interna de la base, disponiendo un diámetro de 6 mm de orificio y una distancia entre centros de 3,5 cm, mejorando el sellado del conjunto. Además, se incorporó un borde perimetral de encaje de 5 mm de alto por 2 mm de espesor en la parte superior de la base de carcasa y en la tapa superior se diseñó una hendidura interna de dimensiones 5 mm de alto por 2 mm de espesor que permite un acople más preciso entre las tapas, garantizando un cierre hermético. Finalmente debido a las necesidades de distribución interna y al espacio requerido para las pistas de conexión, se redujo la altura del prototipo a 4 cm, en conjunto con las dimensiones en planta con una reducción a 10 cm de ancho por 10 cm de largo, como se evidencia en los planos del anexo D.

Ilustración 44. Carcasa protectora tapa superior, vista superior del prototipo segunda fase.



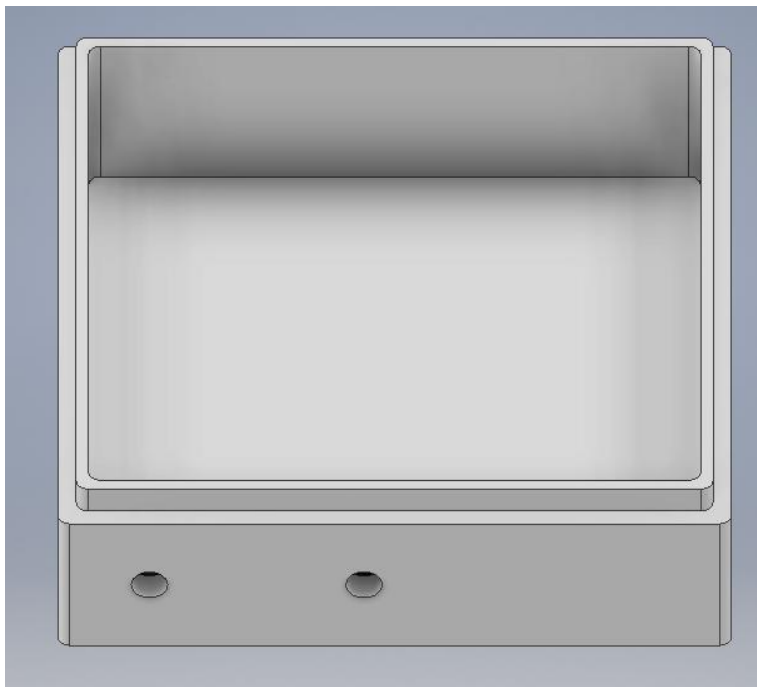
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 45. Carcasa protectora tapa superior, vista inferior del prototipo segunda fase.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 46. Carcasa protectora, tapa inferior base del prototipo segunda fase.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.4 Fabricación carcasa protectora.

Teniendo en cuenta los requerimientos de diseño para la carcasa de protección establecidos en el numeral 3.2.3, se procedió a diseñar y posteriormente fabricar la carcasa con base en los planos y bocetos presentados en el anexo D, así como en las ilustraciones 44 a la 46, respectivamente. El objetivo principal fue cumplir con cada uno de los requerimientos establecidos, garantizando un diseño compacto, con acabados estéticos y funcionales, además de una facilidad de fabricación mediante la implementación de impresión 3D, asegurando un sellado hermético entre la tapa superior e inferior de la carcasa, como se evidencia en la ilustración 47 y su ensamble mostrado en plano en el Anexo D.

Ilustración 47. Carcasa de protección fabricada.



Fuente: Elaboración propia.

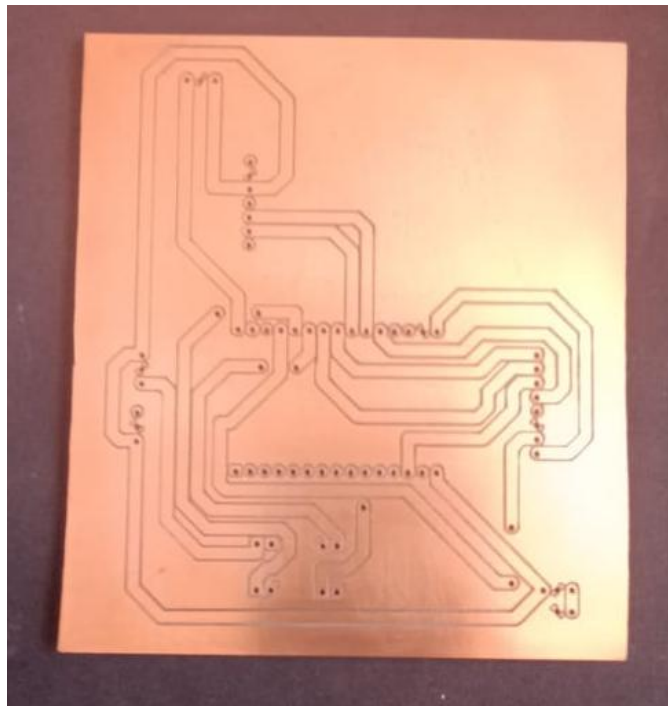
4.5.5 Ensamblaje segunda fase.

Durante el inicio del ensamble correspondiente a la segunda fase del prototipo, se presentó una falla relacionada con la placa PCB, cuyo diseño inicial contemplaba dimensiones de 15 × 15 cm y un proceso de fabricación mediante fresado CNC. Sin embargo, este método generó varios inconvenientes, entre ellos una alta interferencia en los canales de conexión ya que por el tipo de maquinado las distancias entre canales generaron desfases en los puntos de conexión, lo que afectó la comunicación entre los módulos.

Adicionalmente, las dimensiones de la placa no cumplían con los requerimientos de diseño establecidos, especialmente en lo referente al tamaño compacto del dispositivo. También se evidenció que el material utilizado no ofrecía una adecuada adherencia de la soldadura de estaño, provocando uniones deficientes y, en consecuencia, un incumplimiento en los niveles de resistencia mecánica y eléctrica esperados.

A continuación, en la ilustración 48 se muestra la placa de cobre con las pistas de conexión mecanizadas mediante fresadora CNC, antes de realizar el proceso de ensamble de los componentes electrónicos.

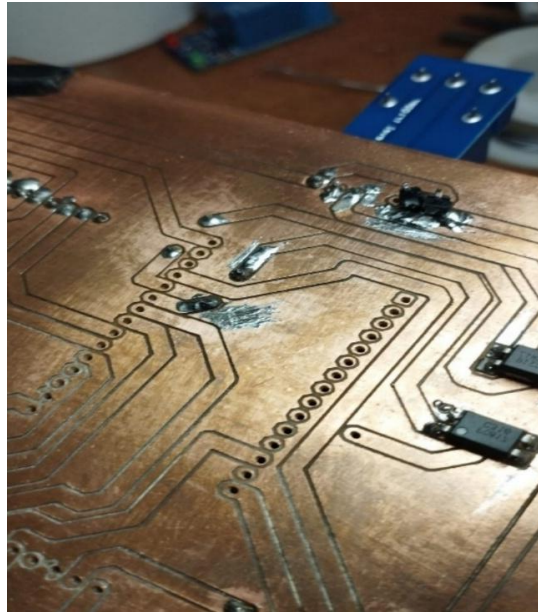
Ilustración 48. Placa en cobre 15x15 cm, fabricación fresada CNC.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 49 se muestra la placa de cobre durante el proceso de ensamblaje, donde se evidencian problemas de conexión ocasionados por la estrecha distancia entre los canales y la baja eficiencia en la adherencia de la soldadura, lo que afectó la calidad del contacto eléctrico entre los componentes.

Ilustración 49. Placa con daños por soldadura ineficiente.

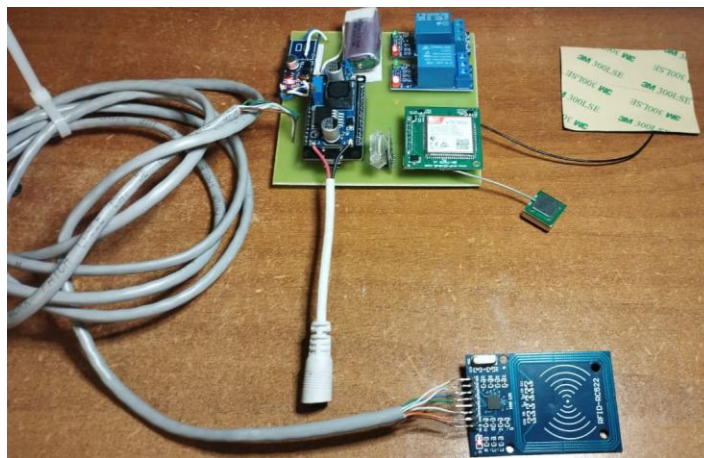


Fuente: Elaboración propia.

Debido a estos inconvenientes, fue necesario replantear el diseño y el método de fotolitografía para la fabricación de la PCB para garantizar un correcto funcionamiento y compatibilidad con la estructura del prototipo.

Teniendo en cuenta los ajustes realizados en la placa y circuito de conexiones se procede a ensamblar el prototipo de manera eficiente y compacta, fijado los módulos y componentes a la PCB como se evidencia en la ilustración 50.

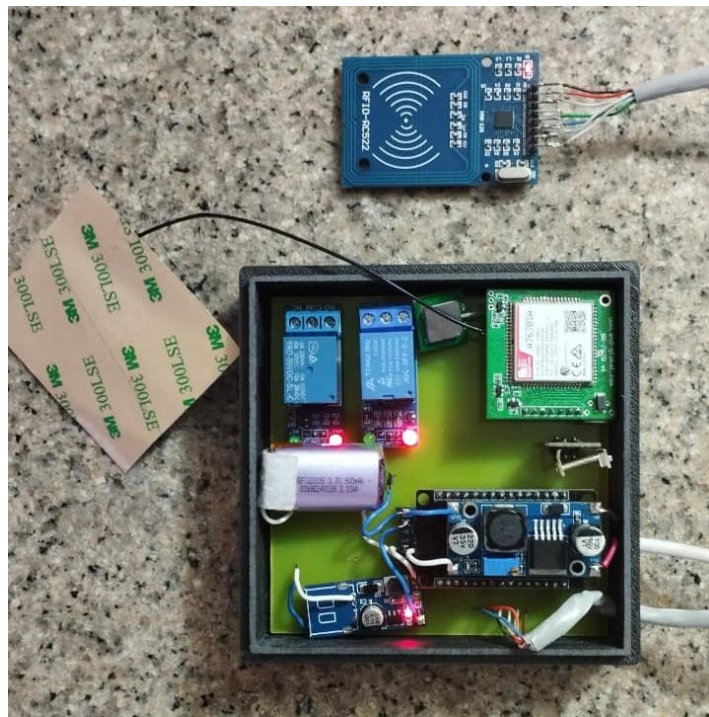
Ilustración 50. Circuito y conexiones en PCB ensamblados en la PCB.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 51 se muestran los módulos ensamblados en la placa PCB, dispuestos en el interior de la carcasa. Para su fijación, se empleó cinta doble faz de alta resistencia, garantizando una adecuada adherencia de la PCB a la carcasa de protección. Asimismo, se observa el cableado externo destinado a la conexión del prototipo con el sistema eléctrico de la motocicleta. En el Anexo E se presenta un video demostrativo que muestra la descripción detallada de los componentes que conforman el prototipo en su segunda fase de desarrollo

Ilustración 51. Ensamble general del prototipo con tapa abierta.



Fuente: Elaboración propia.

4.6 DESCRIPCIÓN APLICACIÓN MECÁNICA DEL PROYECTO.

El desarrollo del prototipo no sólo involucra aspectos y componentes electrónicos, sino también un conjunto de aplicaciones mecánicas que pretenden garantizar la resistencia, funcionalidad y fácil incorporación del prototipo en diferentes modelos de motocicletas. A continuación, se señalarán las aplicaciones mecánicas más relevantes del proyecto.

4.6.1 Diseño estructural e integración de componentes.

Se diseñó una carcasa encargada de proteger los componentes electrónicos del prototipo, esta estructura se fabricó en PLA, mediante impresión 3D, garantizando ser:

- Compacta y de fácil instalación.
- Resistente a golpes y vibraciones, generados por el uso de la motocicleta.
- Adaptabilidad a diferentes modelos de motocicletas, con el fin de ubicarlo en zonas de poca visibilidad o difícil eso.

4.6.2 Sistema de anclaje.

Debido a la búsqueda de versatilidad en la instalación del prototipo dentro de la motocicleta, y teniendo en cuenta la limitante de distribución de espacio y variaciones que pueda presentar en cada motocicleta del mercado, se determinó que el método más eficiente y adaptable de sujeción es el uso de cinta doble faz de alta resistencia y así garantizar un sistema de anclaje eficiente capaz de evitar que el prototipo sea retirado de manera fácil por personas no autorizadas.

5 ETAPA DE EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

En esta fase final, se recopilan todas las contribuciones realizadas en cada una de las etapas previas, desde el diseño, adquisición de componentes y fabricación del prototipo. Esto permitirá establecer los criterios de evaluación a los que se someterá el prototipo con el objetivo de evaluar y proporcionar un resultado claro y transparente sobre el desempeño del prototipo.

Se estableció que, durante las fases de evaluación visual y física, junto con la fase de evaluación del funcionamiento del prototipo, se mostrarán tablas de evaluación donde están establecidos los criterios de evaluación necesarios para cada uno de los conceptos a evaluar, con el fin de establecer la funcionalidad del prototipo.

Se demostrará la interacción y funcionamiento del prototipo mediante imágenes y video de apoyo dispuesto para su visualización mediante un enlace en el anexo F.

5.1 EVALUAR PRESENTACIÓN VISUAL Y FÍSICA DEL PROTOTIPO.

En esta sección se mostrará la tabla 18, la cual está diseñada y enfocada a evaluar bajo los requerimientos de diseño establecidos anteriormente en el numeral 3.2.3, criterios que contribuyen a determinar las condiciones de presentación del prototipo en sus aspectos, físico y visual, donde 1 será la puntuación más baja y 10 la más alta.

Tabla 18. Evaluación y presentación visual y física.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE	OBSERVACIONES
Diseño externo	Estética general, modernidad, y adecuación al uso en motocicletas.	9	Eficiente.
Calidad de materiales	Percepción de calidad.	9	Eficiente.
Tamaño y portabilidad	Tamaño adecuado para integrar en la motocicleta sin ser invasivo.	6	Cumple.
Ergonomía y facilidad de instalación	Facilidad de montaje y manipulación del dispositivo.	9	Cumple con las necesidades, se deben añadir cables conexión hacia la motocicleta.
Visibilidad e indicadores	indicador visual.	10	Eficiente. Se recibe un mensaje SMS de verificación.
Acabado y ensamblaje	Calidad del ensamblado.	9	Cumple. Buen acabado de impresión y conexiones por soldadura.
Protección física	Protección contra golpes, vibraciones o condiciones climáticas.	8	Cumple. Considerar un sellado aislante para condiciones climáticas adversas.

Innovación visual	Originalidad y atractivo visual.	8	Cumple.
-------------------	----------------------------------	---	---------

Fuente: Elaboración propia.

5.2 PRUEBA DE INTERACCIÓN DE COMUNICACIÓN SMS Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.

En esta sección de evaluación del prototipo se presenta la descripción paso a paso del funcionamiento del prototipo, acompañado de imágenes de apoyo donde se evidencia el funcionamiento del prototipo, esta acción se hará por medio del encendido apagado leds que actúan como el sistema eléctrico y electrónico de la motocicleta.

5.2.1 Descripción de funcionamiento.

El proceso de configuración del prototipo y su enlace con el teléfono se basa en garantizar que el dispositivo esté correctamente conectado a su fuente de alimentación y cuente con la SIM card correspondiente. Una vez cumplidos estos pasos, el sistema entra en funcionamiento y queda vinculado directamente con el teléfono del propietario, quien, al ser la única persona que dispone del número asignado al prototipo, es responsable de mantener la privacidad del mismo. De esta manera, podrá enviar los comandos necesarios para su operación y control.

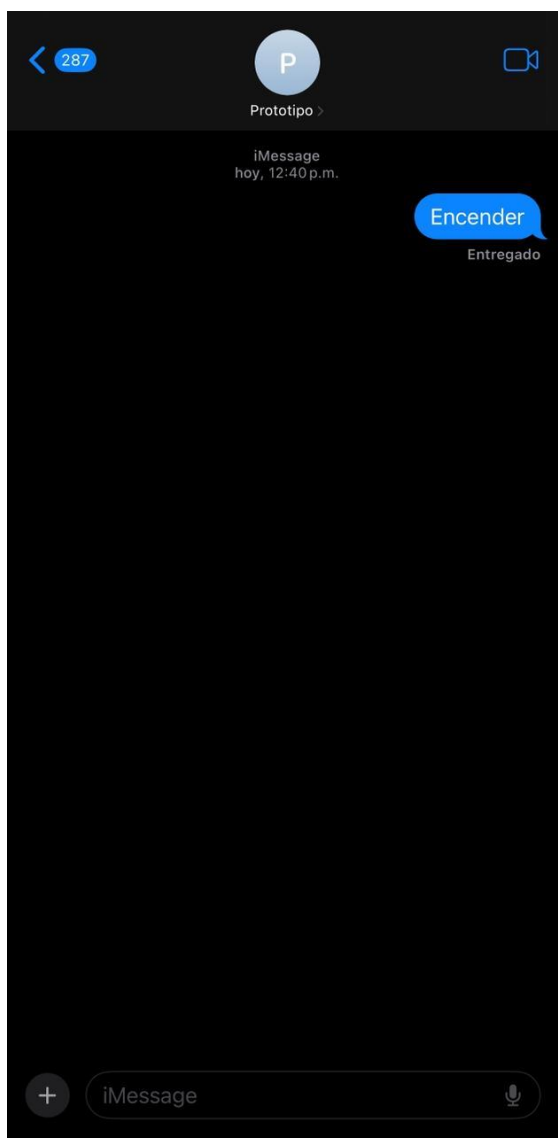
Comandos de comunicación SMS para el funcionamiento:

- Encender.
- Apagar.
- Alarmaon.
- Alarmaoff.
- Gps.

Visualización grafica de interacción con el prototipo mediante SMS:

En la ilustración 52 se muestra el comando “Encender” de comunicación con el prototipo, enviado, recibido y ejecutado como se evidencia en la fase 3 de funcionamiento.

Ilustración 52. Envío SMS comando encender.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 53 se muestra el comando “Apagar” de comunicación con el prototipo, enviado, recibido y ejecutado como se evidencia en la fase 5 de funcionamiento.

Ilustración 53. Envío SMS comando apagar.



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 54 se muestran la ejecución de los comandos “Alarmaon y Alarmaoff” de comunicación con el prototipo, enviado, recibido y ejecutado como se evidencia en la fase 6 de funcionamiento.

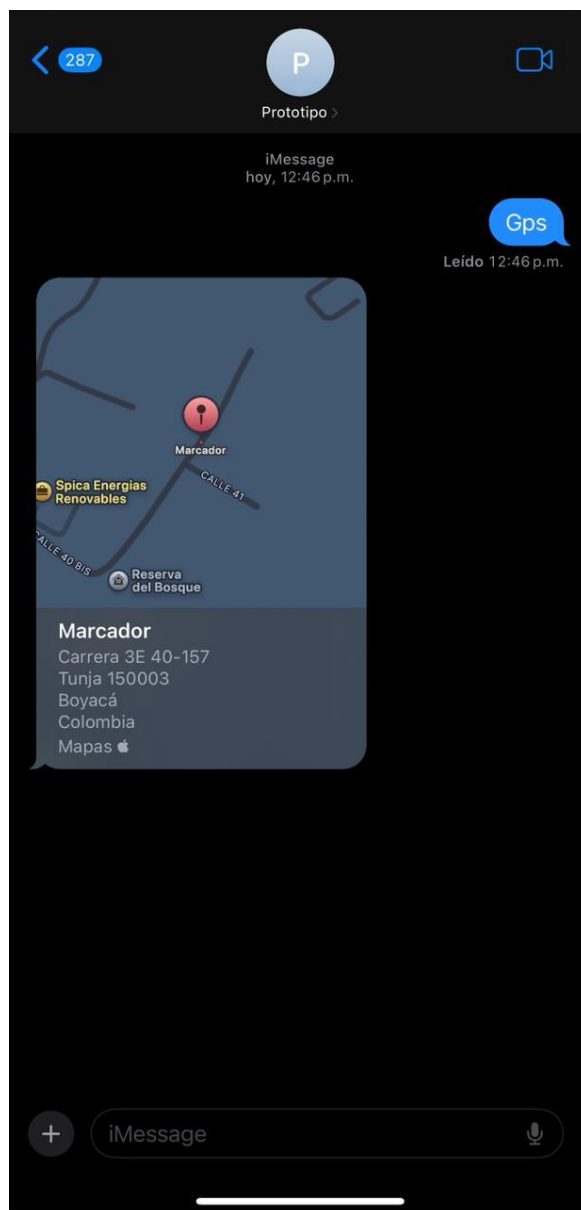
Ilustración 54. Envío SMS comandos Alarmaon y Alarmaoff.



Fuente: Elaboración propia.

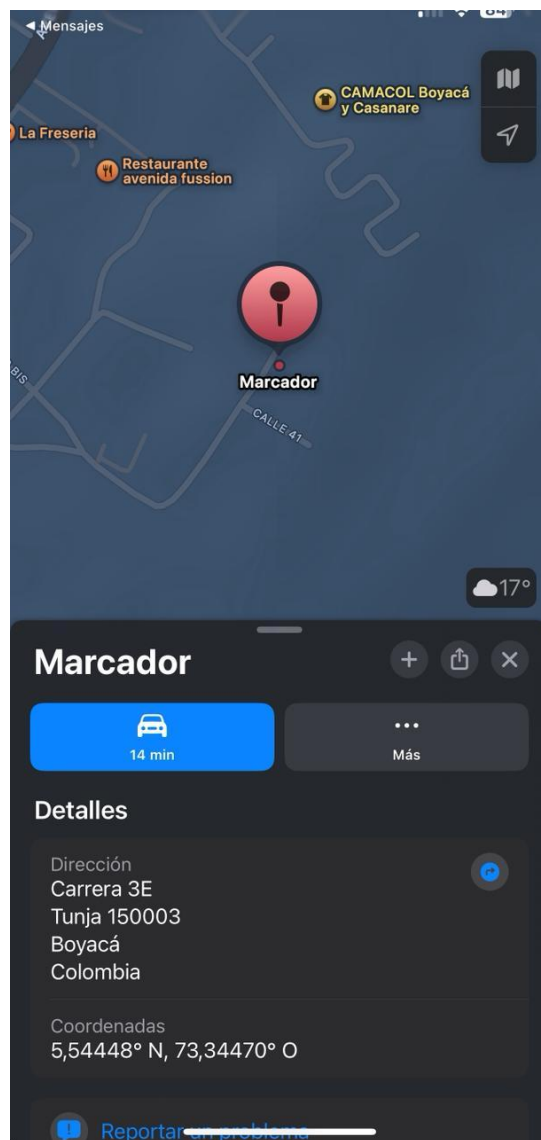
En la ilustración 55 y 56 se muestra el comando “GPS” de comunicación con el prototipo, enviado, recibido y ejecutado de manera correcta evidenciando el posicionamiento, adjuntando la ubicación y coordenadas del prototipo. Cómo se evidencia en la fase 7 de funcionamiento.

Ilustración 55. Envío SMS comando GPS.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 56. Verificación de coordenadas comando GPS.



Fuente: Elaboración propia.

El sistema de alarma del prototipo puede ser encendido o apagado según la necesidad del usuario, cuando está activada y el sensor de vibración detecta movimiento se enviará un mensaje al número de celular asociado, avisando un movimiento no deseado para que el usuario tome acciones sobre la moto, como apagar los relés para evitar que la moto sea encendida de manera forzosa.

Para comodidad del usuario la alarma se debe desactivar cuando se usa la moto, ya que siempre estará detectando vibración y enviará mensajes constantemente al número de celular.

Si la alarma está desactivada y se genera un hurto de la moto se debe enviar un mensaje con el comando para apagar, donde del relé 2 encargado de activar o no la bomba de gasolina, cortara el suministro para inmovilizar el vehículo.

El vehículo no podrá ser encendido a menos que se haga uso del comando Encender por SMS o acercando la tarjeta RFID al lugar donde este instalado el módulo receptor y así reanudar el suministro de inyección, con esto se asegura que la motocicleta estará completamente inmovilizada, evitando hurtos cuando la moto se encuentra estacionada.

Teniendo en cuenta que, para la operatividad del prototipo, la SIM card incorporada debe contar con datos móviles que permitan el suministro de información al módulo GPS, así como la interacción mediante mensajes SMS entre el celular del propietario y la motocicleta o prototipo. Esta SIM card tiene un costo de 6.000 pesos por única vez y una mensualidad de 20.000 pesos de recarga directamente con la empresa de telefonía, garantizando 30 días de uso con 9.5 GB de datos móviles.

Por otra parte, una limitante del funcionamiento de la geolocalización del prototipo es la dependencia directa de la señal o disponibilidad de red de telefonía móvil, la cual es necesaria para suministrar datos a la SIM card incorporada en el prototipo. Ya que el módulo GPS y el sistema de comunicación SMS requieren de conectividad estable para transmitir la ubicación de manera precisa y permitir una interacción eficiente con el usuario.

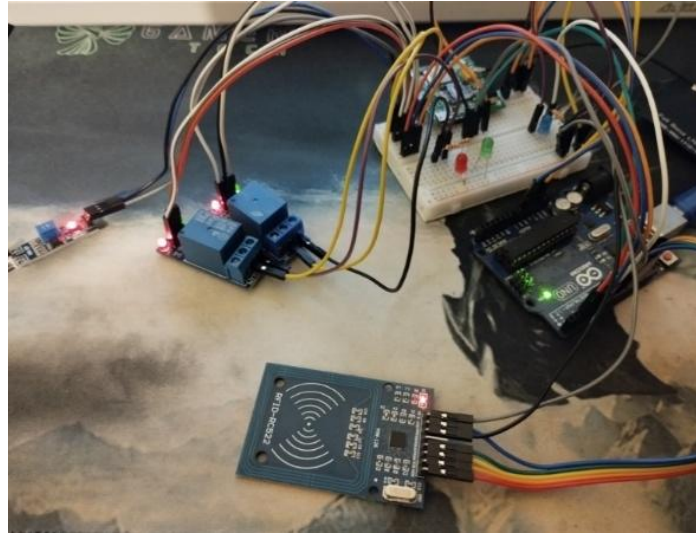
En este sentido, se podrían presentar dificultades de comunicación y localización de la motocicleta en caso de entrar en zonas de baja, poca o nula cobertura de red telefónica, como bien podrían ser zonas rurales, espacios confinados limitando así la capacidad del prototipo en recibir y ejecutar comandos de funcionamiento en tiempo real.

5.2.2 Fases de funcionamiento:

Fase 1:

En la ilustración 57, se aprecia el circuito completamente montado y conectado a la fuente principal de energía, en espera de su conexión a la fuente de reserva. El estado del sistema se identifica mediante el LED indicador azul, el cual permanece apagado, señalando que la fuente de respaldo aún no ha sido activada.

Ilustración 57. Circuito montado.

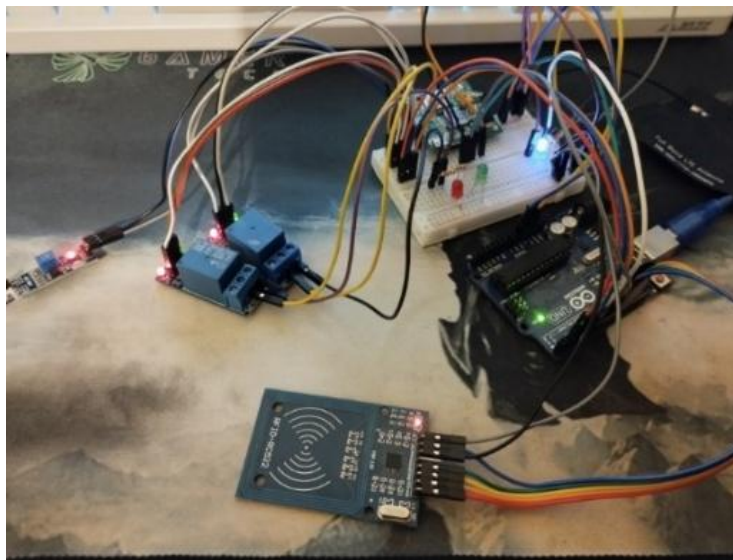


Fuente: Elaboración propia.

Fase 2:

En la ilustración 58, el led azul indica que el circuito del prototipo está en encendido y conectado a sus fuentes de alimentación principal y reserva listo para su funcionamiento.

Ilustración 58. Indicador de encendido del circuito.

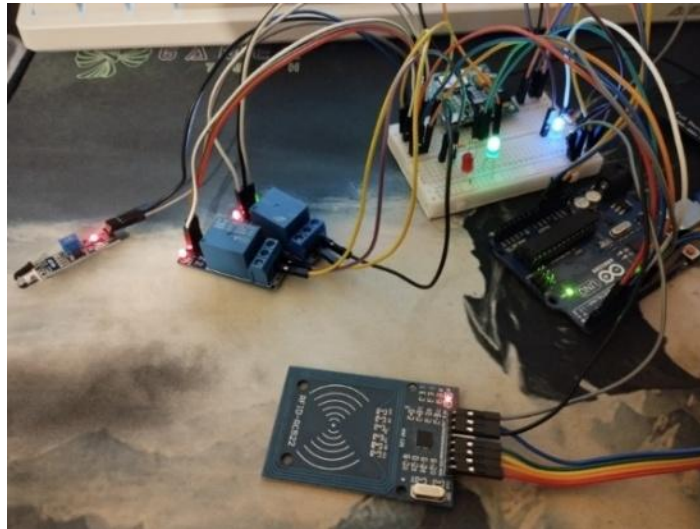


Fuente: Elaboración propia.

Fase 3:

En la ilustración 59 se observa que el led verde indica que la corriente puede pasar a través del relé 1, destinado a controlar el encendido de la motocicleta, este se activa mediante SMS bajo el comando “Encender” y lectura de proximidad mediante la tarjeta con módulo RFID. Como se evidencia en la ilustración 52.

Ilustración 59. Indicador de encendido por SMS y RFID.

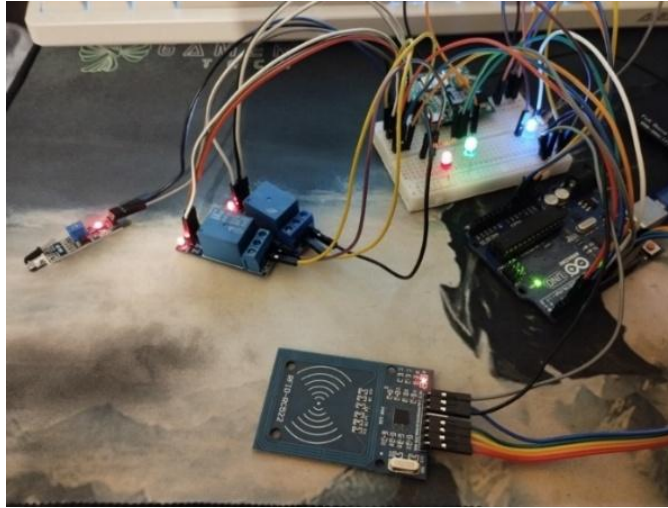


Fuente: Elaboración propia.

Fase 4:

En la ilustración 60, se evidencia el LED rojo encendido indica que la corriente puede pasar a través del relé 2, mediante una conexión en serie con el sistema de alimentación de la motocicleta (bomba de gasolina). Cuando el relé 2 habilita el paso de corriente hacia la motocicleta, se establece un intervalo de 10 segundos, tiempo necesario para permitir que la bomba de gasolina realice correctamente su proceso de carga y evitar posibles daños en su funcionamiento. Transcurrido este periodo, se envía un pulso eléctrico que activa el sistema de encendido automático de la motocicleta.

Ilustración 60. Led rojo encendido y conexión en serie con bomba de gasolina.

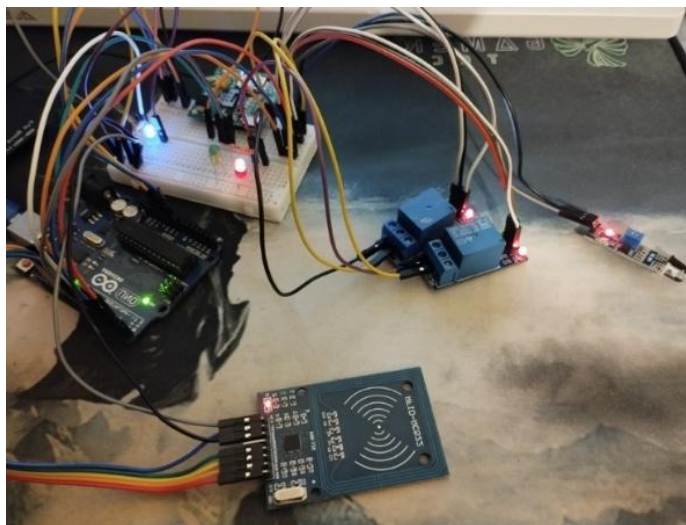


Fuente: Elaboración propia.

Fase 5:

En la ilustración 61, cuando el LED rojo este encendido y el LED verde apagado, indica que la bomba de gasolina no funciona, debido al corte de corriente ejecutado con el comando “Apagar”, para que la motocicleta funcione correctamente y pueda ser encendida, debe cumplirse la condición de regresar a fase 3 y posterior mente a fase 4, para esto se debe enviar el comando “Encender” mediante SMS o usar el módulo RFID. Como se evidencia en las ilustraciones 52 y 53 según corresponda.

Ilustración 61. Conexión de estacionamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Fase 6:

Los comandos “Alarmaon” y “Alarmaoff” se disponen a la activación o desactivación del sensor de vibración, la ejecución de estos se da mediante un SMS.

Alarmaon: cuando se está ejecutando el comando y la motocicleta recibe un movimiento o desplazamiento, el prototipo envía un SMS de alerta “DETECTADO”, en respuesta al movimiento. Como se evidencia en la ilustración 54.

Alarmaoff: se encarga de desactivar el sensor de vibración, bloqueando el envío de SMS de alerta, mediante la desactivación del sensor de vibración, por parte del prototipo.

Recomendaciones de uso:

Alarmaon: activar en caso de dejar la motocicleta en la calle o lugares expuesta a un posible hurto.

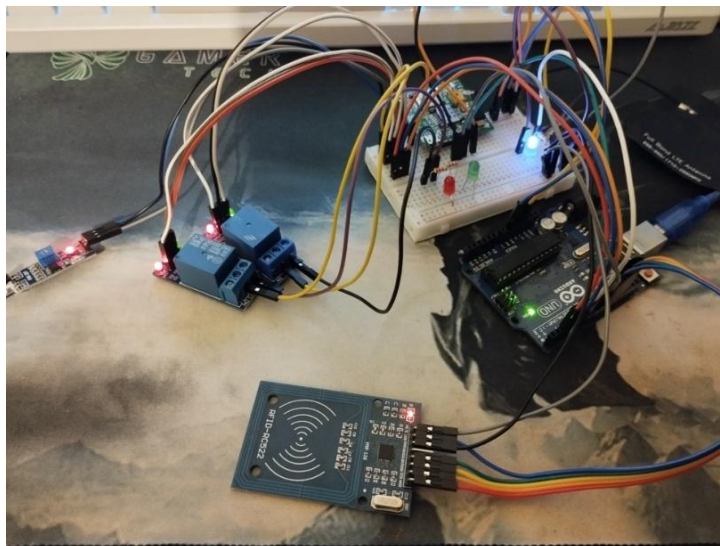
Alarmaoff: ejecutar antes de encender o hacer uso la motocicleta, para evitar el envío constante de SMS durante la conducción.

En esta fase, el funcionamiento depende del cumplimiento de la fase 1, ya que el sensor de vibración requiere que el prototipo esté conectado a una fuente de energización, esta puede ser la fuente principal o fuente de reserva incorporada en el prototipo, garantizando así su operatividad continua.

Fase 7:

La ejecución de la fase 7 se realiza una vez completada la fase 2, momento en el cual se activa el funcionamiento del módulo A7670SA, encargado de la geolocalización (GPS) del prototipo. Este proceso se lleva a cabo mediante el envío del comando “Gps” a través de un mensaje SMS, lo que permite recibir la ubicación y/o el posicionamiento exacto del dispositivo. En esta fase se evidencia el funcionamiento descrito para la ilustración 62, complementando con la información mostrada en las ilustraciones 55 y 56.

Ilustración 62. Modulo A7670SA activado.



Fuente: Elaboración propia.

5.3 EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO.

En esta sección se presentará la tabla 19 de evaluación enfocada en el funcionamiento técnico del prototipo, se tendrán en cuenta, criterios específicos que garantizan el cumplimiento y óptimo funcionamiento técnico del prototipo, Teniendo en cuenta los requerimientos de diseño y fabricación del prototipo, como lo es la implementación y correcto funcionamiento de los módulos seleccionados en el numeral 3, designado al diseño del prototipo.

Tabla 19. Evaluación técnica de funcionamiento del prototipo.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE	OBSERVACIONES
Funcionamiento del módulo RFID.	Detecta correctamente la tarjeta RFID autorizada y permite acceso	10	Excelente.
Funcionamiento del módulo GPS.	Envía correctamente la ubicación cuando se solicita	10	Excelente.
Precisión del sensor de vibración.	Diferencia entre vibraciones normales y movimientos sospechosos	9	Buena sensibilidad.
Comunicación por SMS (recepción).	El prototipo recibe correctamente mensajes de texto del celular	8	Recepción variable debido a la cobertura de señal del módulo A6770SA.
Comunicación por SMS (respuesta del prototipo).	El prototipo responde adecuadamente con la acción esperada vía SMS	8	Respuesta variable debido a la cobertura de señal del módulo A6770sa.

Tiempo de respuesta del sistema.	Tiempo promedio desde el estímulo hasta la respuesta del sistema	8	De 3 a 10 segundos.
Consumo energético.	Uso eficiente de energía durante funcionamiento en reposo y activo	9	Eficiente. 24 horas de autonomía.
Estabilidad del sistema (sin reinicios o fallos).	Sistema se mantiene operativo sin fallos durante pruebas prolongadas	9	Eficiente. No se reinicia.
Integración general entre módulos.	Funcionamiento coordinado y sin interferencias entre módulos	10	Excelente.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El desarrollo del prototipo de seguridad demuestra que la integración de GPS, comunicación por SMS y RFID es una solución viable para reducir los índices de robo de motocicletas.

La implementación del dispositivo ofrece una alternativa innovadora en el campo de la seguridad vehicular, mejorando el control de acceso y la respuesta ante intentos de hurto.

El sistema es fácilmente adaptable a motocicletas con inyección electrónica, lo que facilita su implementación en modelos modernos.

A pesar de los avances logrados, la efectividad del dispositivo depende de la cobertura celular y la correcta interacción entre sus módulos electrónicos.

El análisis de los dispositivos de seguridad en el mercado evidencia que el prototipo desarrollado supera en funcionalidad a las opciones más costosas, ofreciendo un doble factor de autenticación.

Este proyecto abre la posibilidad de incluir seguridad biométrica y mejorar la resistencia del dispositivo ante condiciones extremas para su comercialización masiva.

Se sugiere mejorar la eficiencia energética del sistema y reducir costos de fabricación para que sea más accesible a los motociclistas.

La implementación de este dispositivo en motocicletas particulares podría ayudar a disminuir la tasa de hurtos, generando un impacto positivo en la comunidad.

La encuesta realizada refleja una alta disposición de los motociclistas a adoptar tecnologías de seguridad como la desarrollada en este proyecto.

En conclusión, el desarrollo del prototipo demuestra que la aplicación de tecnología RFID y alarma de vibración en motocicletas es una estrategia eficaz para mejorar la seguridad, ofreciendo una solución tecnológicamente avanzada.

BIBLIOGRAFÍA

ANDI FENALCO. [sitio Web]. Sobre datos de hurtos e incrementos de motocicletas en Colombia.

https://andi.com.co/Uploads/06.%20Informe%20MOTOCICLETAS_ANDI-FENALCO_Junio2024%20-%20V2_638555190143512579.pdf.

BEDOYA GIRALDO, SALAZAR GIRALDO Y MUÑOZ LOZANO. Sobre un sistema de control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPS. Pereira, Colombia. 2013.

Disponible en: [Proyecto de grado Implementación control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular](#).

CONGRESO DE LA REPUBLICA. [sitio Web]. Ley de tránsito N°769 de 2002. [Consulta: 15 de octubre 2024].

Disponible en: [Ley 769 de 2002 Congreso de la República de Colombia](#).

CANAL CAPITAL. [sitio Web]. *inseguridad en Bogotá, robo de motos en 2024*. [Consulta 6 octubre 2024].

Disponible en: [Inseguridad en Bogotá: robo de motos en 2024](#)

CALLEJAS Y MARTÍNEZ, Sobre un sistema de monitoreo para motocicletas con tecnología Arduino y Android. Ibagué, Colombia.2016.

Disponible en: [Sistema de monitoreo para motocicletas con tecnología Arduino y Android](#)

DÍAZ MORALES Y MONTES DÍAZ. Sobre un sistema de seguridad biométrico para el encendido, apagado y bloqueo del motor de motocicletas. Sahagún, Colombia. 2021.

Disponible en:<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams>.

VÁSQUEZ HERRERA, David sobre mejores Sistemas antirrobo para motos. Bogotá, Colombia. 2024.

Disponible en: <https://www.elespectador.com/autos/sistemas-antirrobo-para-motos-asi-puede-evitar-el-hurto-de-su-vehiculo/>

EL NUEVO SIGLO. [sitio Web]. Sobre En Colombia, cada hora se roban 4 motos. [Consulta 9 octubre 2024].

Disponible en: <https://www.elnuevosiglo.com.co/nacion/en-colombia-cada-hora-se-roban-4-motos>.

POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA. [sitio Web]. Bogotá: Sobre el Hurto de motocicletas Policía. [Consulta 12 octubre 2024].

Disponible en: <https://www.policia.gov.co/delitos-de-impacto/hurto-de-motocicletas>.

PARERA, Sobre sistema de Inyección electrónica en motores de gasolina, Marcombo.1990.

Disponible en: <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bG>.

RAMOS, JIMÉNEZ, GUEVARA Y CASTAÑO. Sobre los sistemas de seguridad para motocicletas. Santiago de Cali. 2016.

Disponible en: <https://web.archive.org/web/20180415091800id>

TECNIPESA. [sitio Web]. Bogotá: Que es y cómo funciona la tecnología RFID. [Consulta: 08 de octubre 2024].

Disponible en: [Qué es y cómo funciona la tecnología RFID](#)

TORRES, MANÁ, Y ORDIEREZ. Sobre el diseño de sistemas de posicionamiento mediante GPS Y GSM. Neiva, Colombia. 2020.

Disponible en: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/RINDECOMM/article/view/44>,

ANEXOS

Anexo A. Código de programación del prototipo.

Presentación del código de programación en la plataforma ARDUINO IDE establecido para el funcionamiento del prototipo, se presentará desde la Línea 1 hasta la línea 169, de forma seccionada, para una mejor apreciación se dispone un enlace de acceso al código completo.

```
1  #include <HardwareSerial.h>
2  #include <SPI.h>
3  #include <MFRC522.h>
4
5  // =====
6  // === Configuración ===
7  // =====
8
9  HardwareSerial sim(2);
10 #define PIN_RX 16
11 #define PIN_TX 17
12 #define BAUD_SIM 115200
13 #define PIN_PWRKEY 4
14
15 const char hookdeckURL[] = "http://hkdk.events/b1uup9matd2q9w";
16
17 String incomingMessage = "";
18 bool mensajeEnviado = false;
19 bool alarmaActiva = false;
20
21 // =====
22 // === Pines GPIOs ====
23 // =====
24 const int relePin1 = 25;
25 const int relePin2 = 26;
26 const int sensorPin = 13;
27 const int optoPin1 = 27;
28 const int optoPin2 = 14;
29
```

```

30 // =====
31 // === RFID =====
32 // =====
33 #define SS_PIN 5
34 #define RST_PIN 22
35 #define SCK_PIN 18
36 #define MISO_PIN 19
37 #define MOSI_PIN 23
38
39 MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
40
41 byte LecturaUID[4];
42 byte UsuarioValido1[4] = {0xB3, 0x3B, 0x90, 0xDD};
43 byte UsuarioValido2[4] = {0x43, 0xE5, 0x3E, 0xF6};
44
45 // =====
46 // === Prototipos =====
47 // =====
48 void sendAT(String command, int waitTime = 1000);
49 boolean comparaUID(byte lectura[], byte usuario[]);
50 void processSMS(String msg);
51 void enviarTelegram(String texto);
52 void reiniciarModulo();
53 String getUbicacionTexto();
54 void simularTarjeta(int id);
55 double ddmm_to_decimal(const String &s);
56
57 // =====
58 // === Setup =====
59 // =====
60 void setup() {
61     Serial.begin(115200);
62     delay(500);
63

```

```

172 // --- GPS cada 30 segundos ---
173 if (now - lastGPS >= 30000) {
174     lastGPS = now;
175     Serial.println("📶 Intentando obtener ubicación GPS...");
176     String ubicacion = getUbicacionTexto();
177     if (ubicacion.length() > 0) {
178         Serial.println("📍 Última ubicación obtenida: " + ubicacion);
179     }
180 }
181
182 delay(50);
183 }
184
185 // =====
186 // === Funciones =====
187 // =====
188
189 void sendAT(String command, int waitTime) {
190     sim.println(command);
191     Serial.println(">> " + command);
192     unsigned long start = millis();
193     String resp = "";
194     while (millis() - start < (unsigned long)waitTime) {
195         while (sim.available()) {
196             char c = (char)sim.read();
197             resp += c;
198         }
199     }
200     if (resp.length()) {
201         resp.trim();
202         Serial.println("[RESP] " + resp);
203     }
204 }
205

```

```

287 // =====
288 // === Enviar a Telegram ===
289 // =====
290 void enviarTelegram(String texto) {
291     // Escapar caracteres problemáticos
292     texto.replace("\"", "\\");
293     texto.replace("\n", " ");
294     texto.replace("\r", " ");
295
296     // Crear cuerpo JSON limpio
297     String jsonBody = "{\"chat_id\":1211804666,\"text\":\"" + texto + "\"}";
298
299     Serial.println("🔥 Enviando a Hookdeck:");
300     Serial.println(jsonBody);
301
302     sendAT("AT+HTTPTERM", 500);
303     sendAT("AT+HTTPINIT", 500);
304     sendAT("AT+HTTTPARA=\"CID\",1", 200);
305     sendAT("AT+HTTTPARA=\"CONTENT\", \"application/json\"", 200);
306
307     sim.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"");
308     sim.print(hookdeckURL);
309     sim.println("\"");
310     delay(300);
311
312     // Enviar datos JSON
313     sim.print("AT+HTTPDATA=");
314     sim.print(jsonBody.length());
315     sim.println(",10000");
316     delay(500);
317     sim.print(jsonBody);
318     delay(1000);
319
320     sendAT("AT+HTTPACTION=1", 6000);
321     sendAT("AT+HTTPREAD", 500);

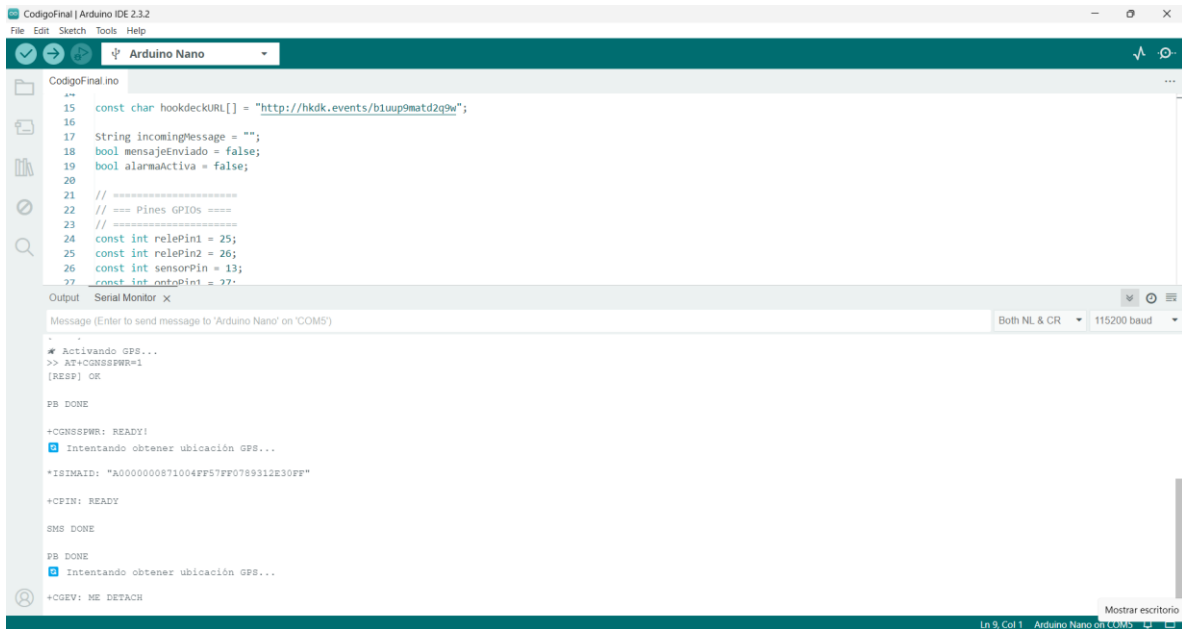
```

https://drive.google.com/file/d/1mhb0do9bnpHdEyRnrkKwju4vQBv0PPC/view?usp=drive_link

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B. Evidencia de funcionamiento del código.

Se presenta con el fin de constatar y corroborar la información antes presentada donde se evidencia el correcto funcionamiento del código dentro de la plataforma ARDUINO IDE.



The screenshot displays the Arduino IDE interface. The top menu bar includes 'File', 'Edit', 'Sketch', 'Tools', and 'Help'. The toolbar shows icons for file operations and a dropdown menu set to 'Arduino Nano'. The main editor window shows the code for 'CodigoFinal.ino' with the following content:

```
15 const char hookdeckURL[] = "http://hkdk.events/biuup9matd2q9e";
16
17 String incomingMessage = "";
18 bool mensajeEnviado = false;
19 bool alarmaActiva = false;
20
21 // =====
22 // === Pines GPIOs ===
23 // =====
24 const int relePin1 = 25;
25 const int relePin2 = 26;
26 const int sensorPin = 13;
27 const int ontoPin = 27;
```

The Serial Monitor window at the bottom shows the following output:

```
Message (Enter to send message to 'Arduino Nano' on 'COM5')
-
-
* Activando GPS...
>> AT+CGSMSPWR=1
[RESP] OK

PB DONE

+CGSMSPWR: READY!
Intentando obtener ubicación GPS...
*ISIMAINI: "A0000000871004FF57FF0789312E30FF"

+CPIN: READY

SMS DONE

PB DONE
Intentando obtener ubicación GPS...

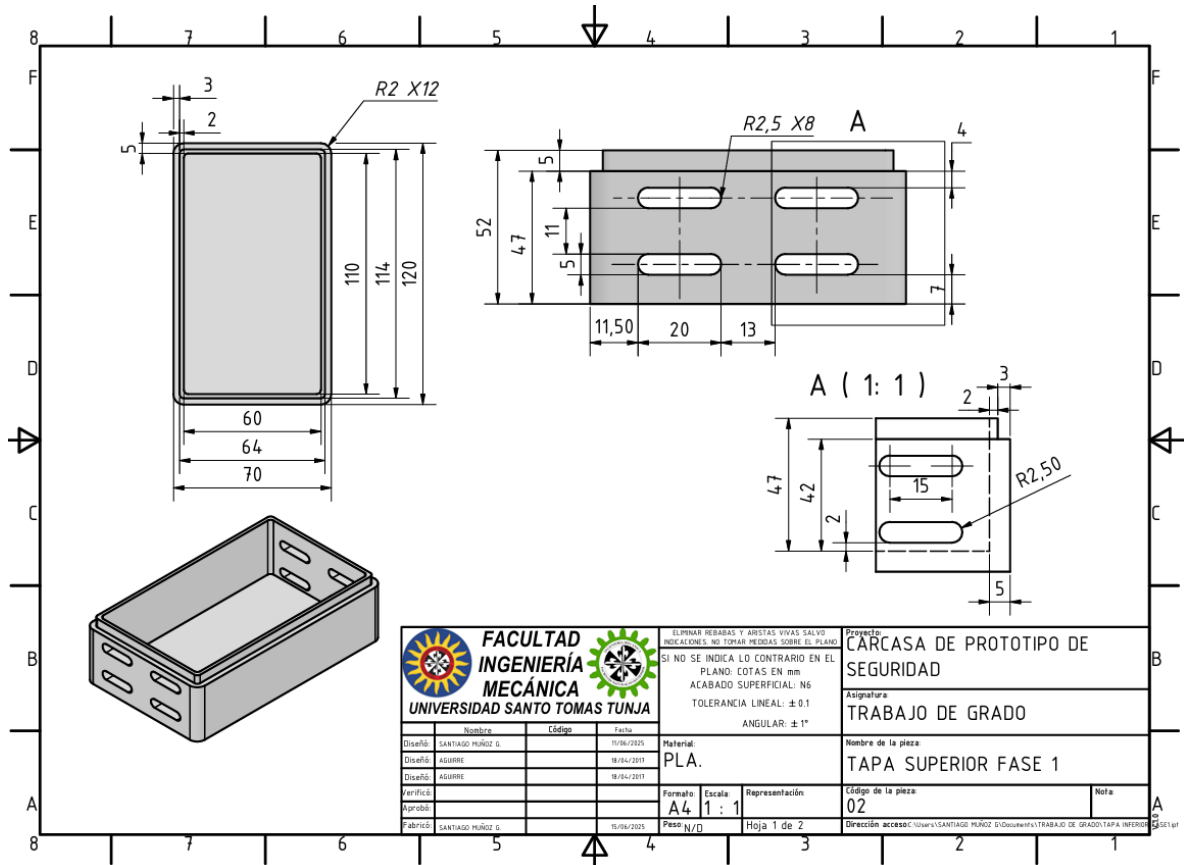
+CGEV: ME DETACH
```

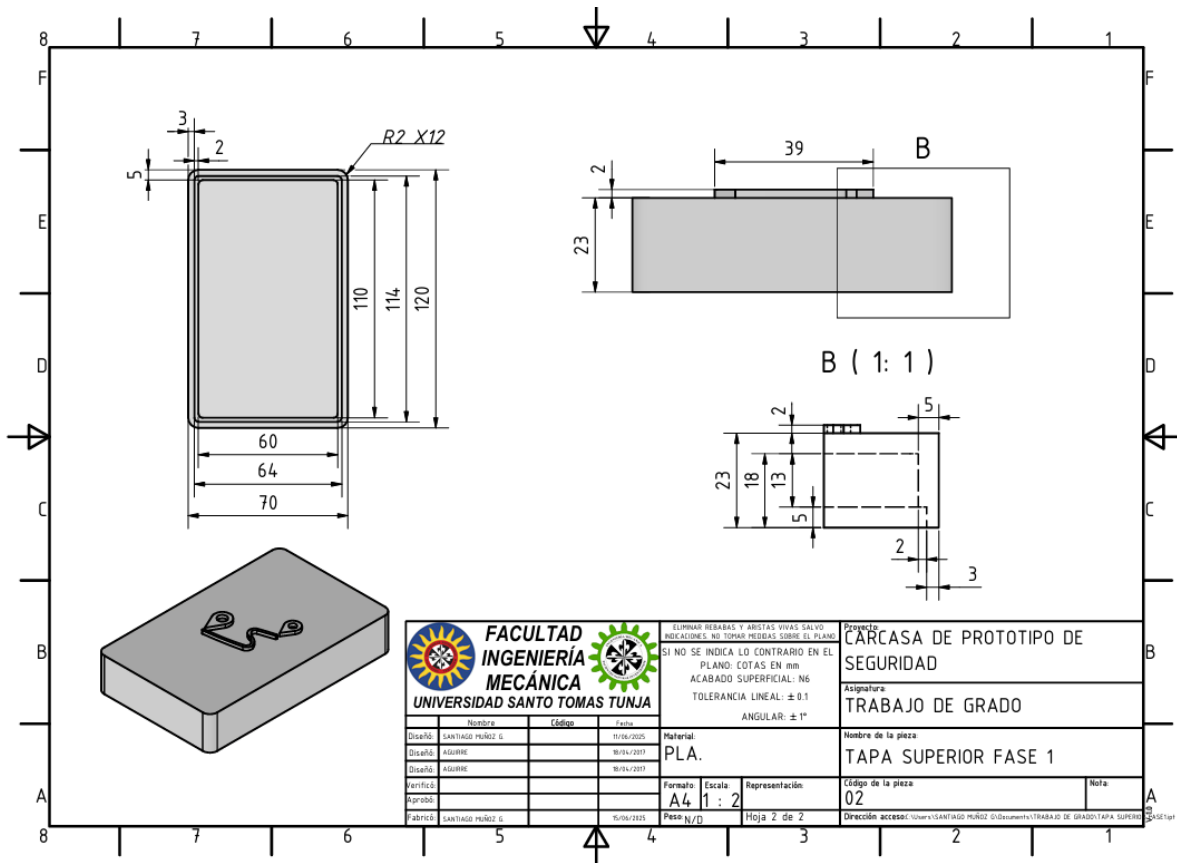
The status bar at the bottom right indicates 'Mostrar escritorio' and 'Ln 9, Col 1 | Arduino Nano on COM5'.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Planos de diseño primera fase.

En el anexo C se presenta la visualización de los planos 2D y medidas de la carcasa de protección, tapa inferior y tapa superior en primera fase, se adjunta un enlace de acceso a la carpeta de planos en pdf de la primera fase, para brindar una mejor visualización de los planos.



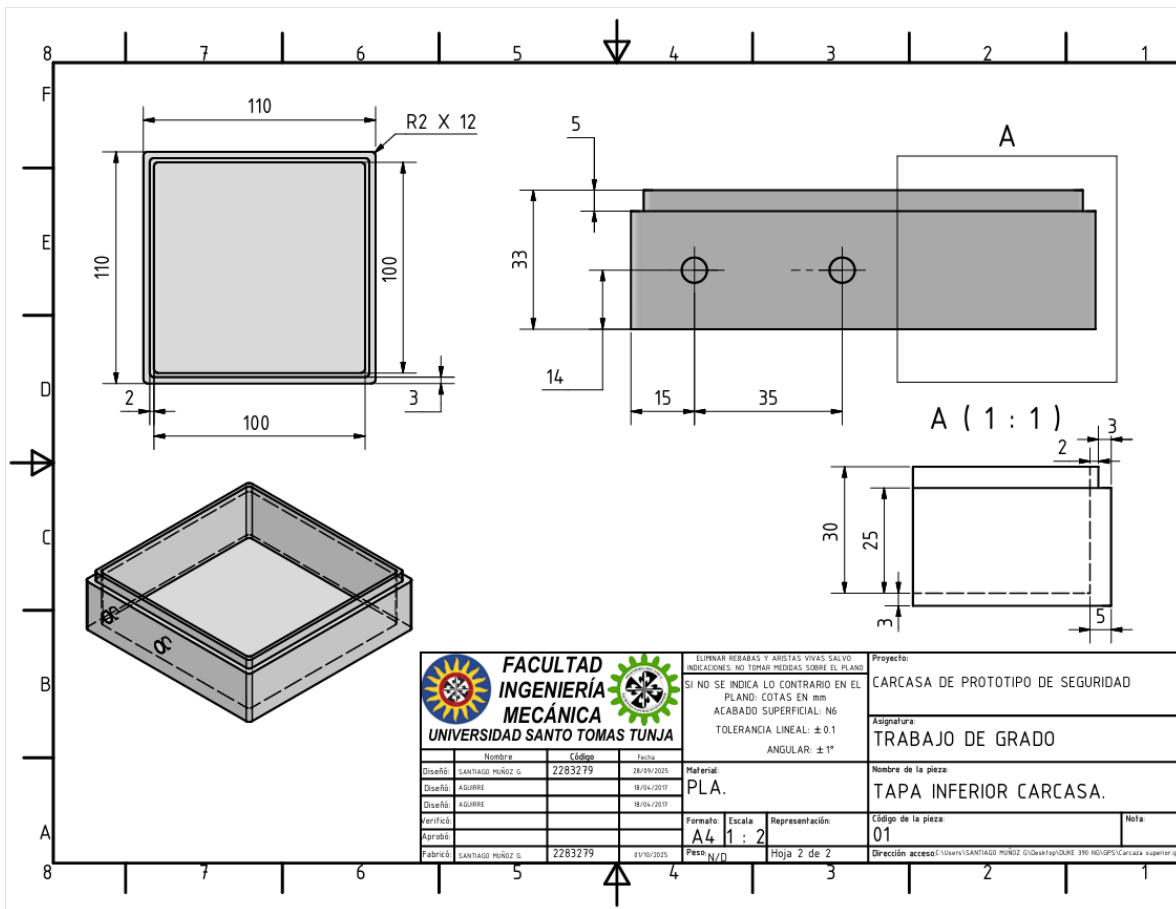


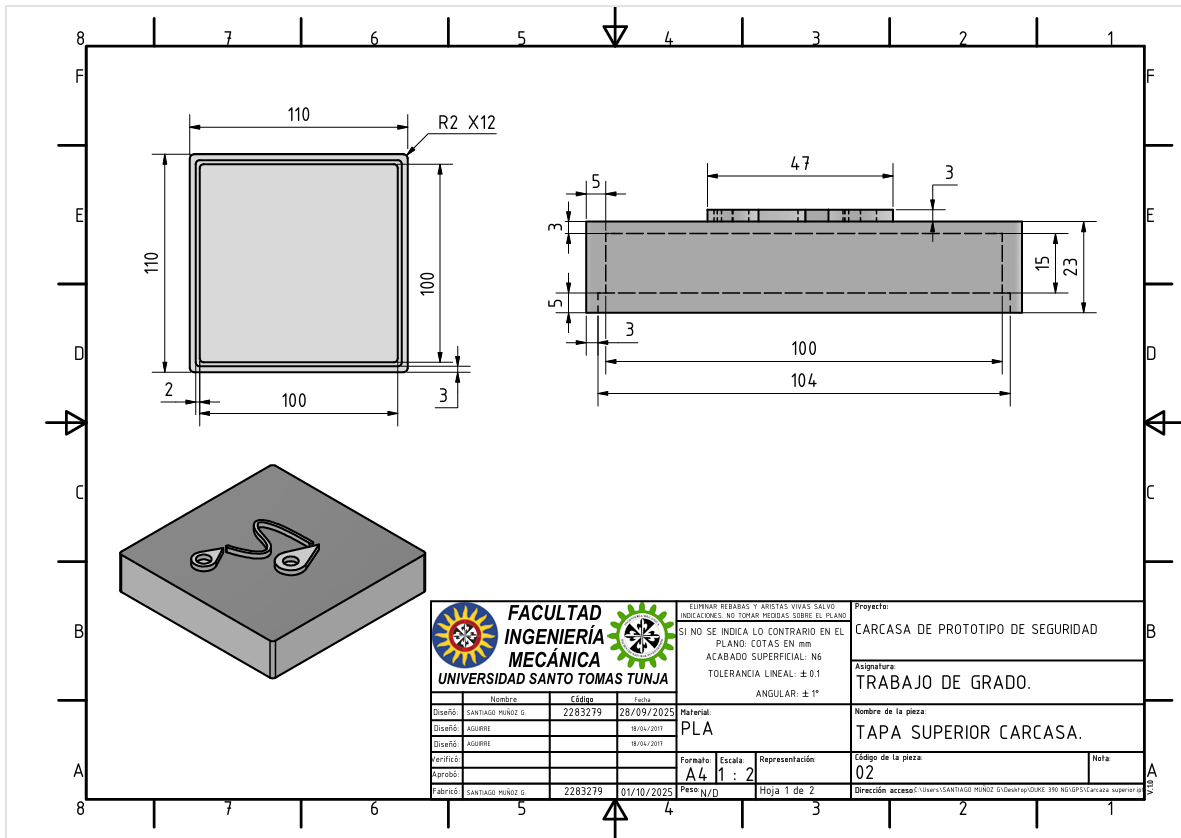
https://drive.google.com/drive/folders/1qg-4I_9tx9VDQY0MZ-ged4q9c659qtG7?usp=drive_link

Fuente: Elaboración propia.

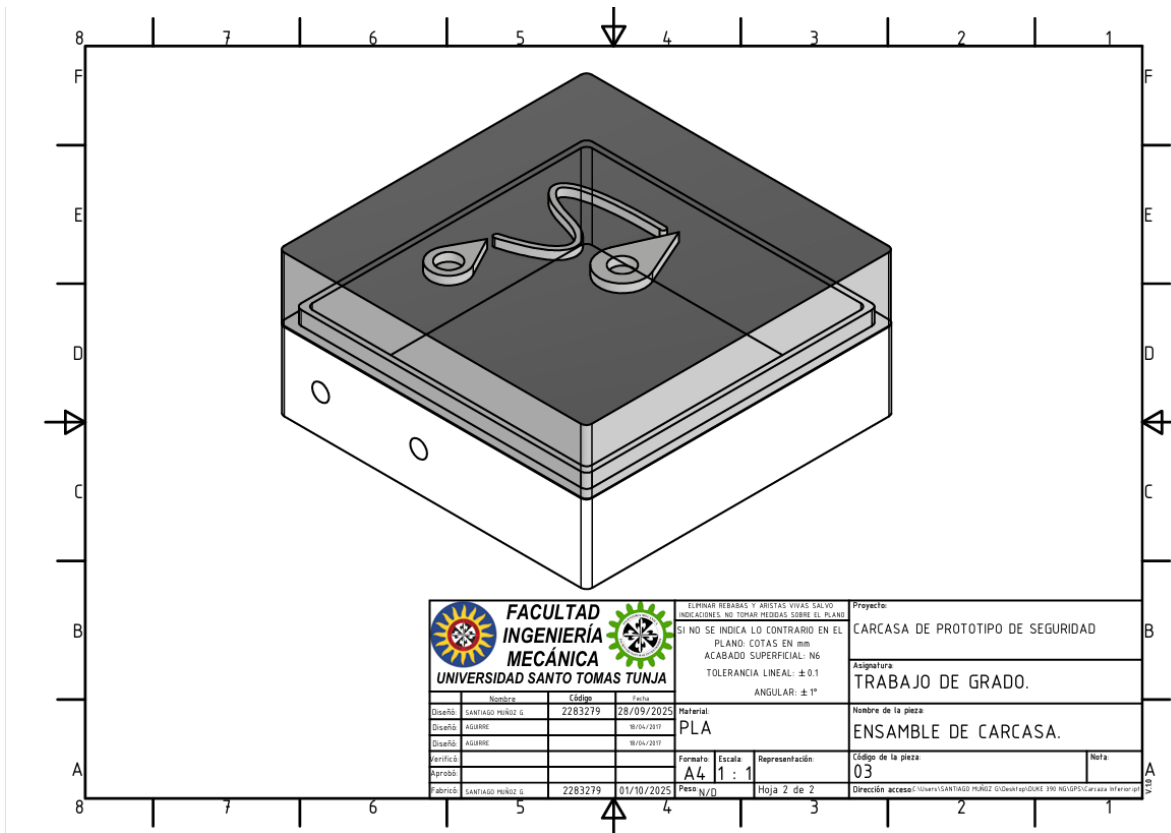
Anexo D. Planos de diseño segunda fase.

En el anexo D se destaca la visualización de los planos y medidas correspondientes a la tapa superior e inferior de la carcasa de protección del prototipo junto a su plano de ilustración de ensamble, se dispone a adjuntar un enlace que permite un acceso directo a la carpeta de planos en pdf de la segunda fase, con el fin de brindar una visualización más eficiente.





			TURNER REBARAS Y ARISTAS VIVAS SALVO INDICACIONES NO TOMAR MEDIDAS SOBRE EL PLANO SI NO SE INDICA LO CONTRARIO EN EL PLANO: COTAS EN mm ACABADO SUPERFICIAL: NG TOLERANCIA LINEAL: ± 0.1 ANGULAR: ± 1°			Proyecto: CARCASA DE PROTOTIPO DE SEGURIDAD		
Nombre: SANTIAGO PUÑOZ G. Código: 2283279 Fecha: 28/09/2025			Material: PLA			Asignatura: TRABAJO DE GRADO.		
Diseño: AGUIRRE Fecha: 18/04/2011			Formato: A4 Escala: 1 : 2 Representación:			Nombre de la pieza: TAPA SUPERIOR CARCASA.		
Verificó: Fecha:			Código de la pieza: 02			Nota:		
Aprobó: Fecha:			Peso: N/D			Hoja 1 de 2		
Fabricó: SANTIAGO PUÑOZ G. Código: 2283279 Fecha: 01/10/2025			Dirección acceso:			Dirección acceso: Universidad Santo Tomás Minicampus Espora 390 Negocios de la Universidad Superior de		



https://drive.google.com/drive/folders/1NP6YbMa5ao8dU-ANZeUbXWFqH_CvfqV8?usp=sharing

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E. Video de descripción de componentes segunda fase.

Enlace de acceso directo, video de presentación ensamble y descripción de componentes del prototipo.

<https://drive.google.com/drive/folders/1DAM4jklhj7hE4fB4TxB07RzU68qQprny?usp=sharing>

Anexo F. Video de funcionamiento e interacción primera fase.

Enlace de acceso directo, video de presentación y pruebas de funcionamiento del prototipo.

<https://youtu.be/ssutWHrDdls?si=uQnHH5jerU4MDctb>

Fuente: Elaboración propia.