



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR MEDIANTE
BLOQUEO ELECTROMECAÁNICO DEL PEDAL DE EMBRAGUE EN UN
VEHÍCULO DE CATEGORÍA M1**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: BRYAN ESTEVEN TONATO GÓMEZ
CARLOS ALEJANDRO BUSTOS CARRILLO**

TUTOR: JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO

Quito - Ecuador
2024

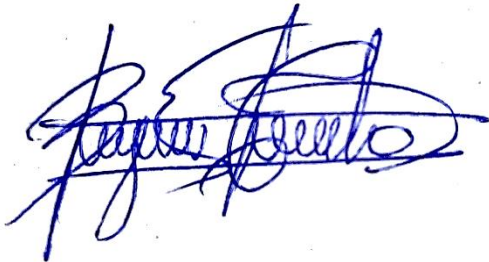
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Bryan Esteven Tonato Gómez con documento de identificación N° 1724379506 y Carlos Alejandro Bustos Carrillo con documento de identificación N° 1751447424 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 7 de Agosto del año 2024

Atentamente,



Bryan Esteven Tonato Gómez
1724379506



Carlos Alejandro Bustos Carrillo
1751447424

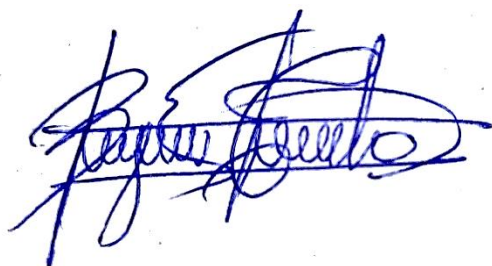
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Bryan Esteven Tonato Gómez con documento de identificación No. 1724379506 y Carlos Alejandro Bustos Carrillo con documento de identificación No. 1751447424, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Implementación de un sistema de seguridad vehicular mediante bloqueo electromecánico del pedal de embrague en un vehículo de categoría M1”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 7 de Agosto del año 2024

Atentamente,



Bryan Esteven Tonato Gómez
1724379506



Carlos Alejandro Bustos Carrillo
1751447424

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jhonny Javier Barrera Jaramillo con documento de identificación N° 1400378475, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR MEDIANTE BLOQUEO ELECTROMECAÁNICO DEL PEDAL DE EMBRAGUE EN UN VEHÍCULO DE CATEGORÍA M1, realizado por Bryan Esteven Tonato Gómez con documento de identificación N° 1724379506 y por Carlos Alejandro Bustos Carrillo con documento de identificación N° 1751447424, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 7 de Agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. Jhonny Javier Barrera Jaramillo, MsC

1400378475

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en mi vida académica. A mis hermanos, por su constante ánimo y creer en mí en los momentos difíciles. A mis amigos, por su paciencia y comprensión durante las largas horas de estudio. A mis profesores y mentores, por su guía y sabiduría, esenciales para mi desarrollo profesional. Finalmente, a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a la culminación de este proyecto, les estoy profundamente agradecido.

Bryan Tonato

Dedico el presente proyecto a mi madre, Rosa María Carniel Meneses, que es el resultado de años de esfuerzo, dedicación y perseverancia, pero nada de esto hubiera sido posible sin tu amor incondicional y tu apoyo constante. Gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles y por creer en mí cuando más lo necesitaba. Tu fortaleza, sabiduría y cariño han sido mi mayor inspiración a lo largo de este camino. Este logro es tanto tuyo como mío. Con todo mi amor y gratitud,

Carlos Bustos

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMA	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.	5
MARCO TEÓRICO	6
1.1 Pedal de embrague.....	6
1.2 Capacidades y características Arduino.....	6
1.2.1 Arduino nano	6
1.2.2 Software IDE	7
1.3 Tipos de actuadores	8
1.3.1 Electroimán.....	8
1.3.2 Actuador lineal	9
1.3.3 Tornillo sin fin.....	10
1.3.4 Solenoido electromagnético.....	10
1.4 Control Remoto Infrarrojo.....	12
1.4.1 Tecnología infrarroja: fundamentos y funcionamiento	12
1.4.2 Interacción entre el control remoto infrarrojo y Arduino	12
CAPÍTULO 1	13
ANÁLISIS SITUACIONAL	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Causas y consecuencias de la seguridad en vehículos M1	14
1.2.1 Causas.....	14

1.2.2	Consecuencias	14
1.3	Estadísticas e índices de robos de vehículos	15
1.4	Sistemas de seguridad tradicionales y avanzados.....	17
1.4.1	Sistemas de alarma	17
1.4.2	Inmovilizadores Electrónicos y mecánicos	18
1.4.3	Sistemas de Rastreo	19
1.4.4	Autenticación y Acceso	19
1.4.5	Cámaras y Sensores	19
1.4.6	Vidrios y Cerraduras de Seguridad.....	20
CAPÍTULO 2		21
DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD		21
2.1	Criterios de diseño	21
2.1.1	Funcionalidad del Sistema.....	21
2.1.2	Fiabilidad	22
2.2	Análisis comparativo de las alternativas	23
2.3	Selección de los componentes de hardware	25
2.3.1	Costos de los componentes del sistema.....	30
2.4	Modelación en Autodesk Inventor	31
2.4.1	Ventajas de SolidWorks	31
2.4.2	Diseño 3D del sistema	31
2.5	Análisis del sistema en PROTEUS.....	35
2.6	Diagramas eléctricos y electrónicos	36
2.7	Estructura del sistema.....	38
CAPÍTULO 3		40
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD		40
3.1	Pruebas de esfuerzos del sistema mecánico	40

3.1.1	Deformación máxima de la base	40
3.1.2	Deformación máxima del bloque	41
3.2	Diseño del sistema de seguridad.....	42
3.3	Diseño del microcontrolador	43
3.4	Prototipo Final	47
3.4.1	Instalación del sistema de seguridad electrónico.....	48
CAPÍTULO 4		52
PRUEBAS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....		52
4.1	Pruebas de funcionamiento.....	52
4.2	Pruebas de bloqueo y desbloqueo.....	53
4.3	Análisis de efectividad.....	54
CONCLUSIONES.....		56
RECOMENDACIONES		57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		58
ANEXOS.....		0

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparación de alternativas	23
Tabla 2.	Costo de los elementos para la creación del sistema.....	30
Tabla 3	Especificaciones del vehículo utilizado.....	48
Tabla 4.	Tiempo de funcionamiento antes de fallos.....	53
Tabla 5.	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Interfaz de Usuario de la Plataforma Arduino y Genuino.....	7
Figura 2.	Interfaz del Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) para C++	8

Figura 3. Electroimán Automotriz.....	9
Figura 4. Comparación de Cilindros Hidráulicos y Neumáticos.....	10
Figura 5. Solenoide Electromagnético para Proyectos DIY	11
Figura 2.1. Arduino Nano.....	25
Figura 2.2. MOSFET L7805CV	25
Figura 2.3. MOSFET TIP 120	26
Figura 2.4. MOSFET STP80NF55-08.....	26
Figura 2.5. BUZZER ZUMBADOR	27
Figura 2.6. Solenoide electromagnético 12V	28
Figura 2.7. Control remoto emisor IR	29
Figura 2.8. Modulo receptor infrarrojo.....	29
Figura 2.9. Modelación del sistema mecánico completada.....	32
Figura 2.10. Modelación del Solenoide electromagnético principal	32
Figura 2.11. Construcción del modelo del solenoide electromagnético secundario pequeño	33
Figura 2.12. Plano del sistema, vista superior	34
Figura 2.13. Plano del sistema mecánico, vista posterior.....	34
Figura 2.14. Diseño del circuito electrónico del sistema de seguridad	36
Figura 2.15. Esquema eléctrico de la alimentación del sistema usando el MOSFET L7805	36
Figura 2.16. Esquema eléctrico del sistema completo de seguridad	37
Figura 2.17. Sistema electrónico ensamblado	39
Figura 3.1. Selección de componentes donde se pueden aplicar esfuerzos en el sistema mecánico.....	40
Figura 3.2. Prueba de esfuerzos en el sistema mecánico.....	41
Figura 3.3. Barra cuadrada de acero que bloquea el pedal del embrague	41
Figura 3.4. Prueba de esfuerzos a la que se somete el tubo.....	42
Figura 3.5. Diagrama de flujo del sistema de seguridad	43
Figura 3.6. Configuración inicial del código.....	44
Figura 3.7. Loop principal de la programación Arduino	45
Figura 3.8. Manejo de entrada IR en la programación Arduino.....	46
Figura 3.9. Verificación del código de bloqueo	47
Figura 3.10. Prototipo final del sistema de seguridad	47

Figura 3.11. Preparación para la instalación del sistema.....	49
Figura 3.12. Instalación del Sistema mecánico	50
Figura 3.13. Instalación del sistema electrónico.....	50
Figura 3.14. Instalación completa del sistema de seguridad discreto.....	51
Figura 4.1. Comprobación del funcionamiento del sistema de seguridad.....	52
Figura 4.2. Porcentaje de efectividad del sistema de seguridad	55

RESUMEN

En Ecuador, el aumento significativo en los índices de robo de vehículos ha generado una creciente preocupación debido a las deficiencias evidentes en los sistemas de seguridad disponibles. Este escenario destaca la necesidad urgente de implementar soluciones efectivas que puedan reducir tanto la frecuencia de los robos como la vulnerabilidad de los vehículos. Según investigaciones llevadas a cabo por agencias nacionales de noticias, los incidentes de robo son particularmente frecuentes en provincias como Guayas, Santo Domingo, Pichincha y Los Ríos, con porcentajes que superan el 15% y en algunos casos alcanzan hasta el 30% durante el último año.

A pesar de los esfuerzos de los fabricantes y empresas especializadas en seguridad, las medidas implementadas con frecuencia no logran alcanzar la efectividad deseada o no están presentes en muchos vehículos ensamblados o importados al país, debido a restricciones económicas u otras limitaciones. Aunque existen diversas alternativas en sistemas de seguridad, desde dispositivos de bloqueo simples hasta sistemas más complejos basados en claves y sensores de proximidad, la adopción de estos sistemas no siempre es accesible para todos y los métodos convencionales como los bastones de bloqueo del volante continúan siendo ampliamente utilizados.

Esta situación subraya la importancia de explorar métodos innovadores como el sistema electrónico propuesto para el pedal del embrague. Este sistema utiliza un código específico desarrollado en lenguaje C++ para garantizar que los componentes del vehículo cumplan con su función asignada. Consiste en una base fija ubicada estratégicamente detrás del pedal del embrague que, mediante un control y una clave única, activa un bloqueo que impide que los vehículos con transmisión manual puedan ser puestos en marcha. Esto se debe a que la manipulación del pedal de embrague es crucial para controlar las revoluciones del motor y permitir el movimiento del vehículo.

Las pruebas realizadas han demostrado una efectividad del 86.6%, lo cual aumenta la confianza del conductor al dejar su vehículo en diversas ubicaciones del país. Este sistema innovador es difícil de detectar y desactivar, a diferencia de muchas soluciones convencionales disponibles en el mercado, que pueden ser vulnerables a métodos de manipulación rápida.

Palabras Claves: Robo de vehículos, Seguridad vehicular, Sistema electrónico, Pedal del embrague, Efectividad

ABSTRACT

In Ecuador, the significant increase in vehicle theft rates has generated growing concern due to evident deficiencies in the available security systems. This scenario highlights the urgent need to implement effective solutions that can reduce both the frequency of thefts and the vulnerability of vehicles. According to research carried out by national news agencies, incidents of theft are particularly frequent in provinces such as Guayas, Santo Domingo, Pichincha and Los Rios, with percentages exceeding 15% and, in some cases, reaching up to 30% during the last year.

Despite the efforts of manufacturers and companies specializing in safety, the measures implemented often fail to achieve the desired effectiveness or are not present in many vehicles assembled or imported into the country, due to economic restrictions or other limitations. Although there are several alternatives in security systems, from simple locking devices to more complex systems based on keys and proximity sensors, the adoption of these systems varies considerably. Conventional methods such as steering wheel locking batons continue to be widely used.

This situation underlines the importance of exploring innovative methods such as the proposed electronic system for the clutch pedal. This system uses a specific code developed in C++ language to ensure that the vehicle components fulfill their assigned function. It consists of a fixed base strategically located behind the clutch pedal that, by means of a control and a unique key, activates a lock that prevents vehicles with manual transmission from being put into gear. This is because clutch pedal manipulation is crucial to control engine revolutions and enable vehicle movement.

Tests have shown an effectiveness of 86.6%, which increases driver confidence when leaving their vehicle in various locations around the country. This innovative system is difficult to detect and disable, unlike many conventional solutions available on the market, which can be vulnerable to quick tampering methods.

Keywords: Vehicle Theft, Vehicle Security, Electronic System, Clutch Pedal, Effectiveness

INTRODUCCIÓN

El sistema de seguridad electrónico para vehículos de categoría M1 se posiciona como una solución confiable y accesible para mejorar la seguridad de vehículos con transmisión manual. En un contexto donde la tecnología alcanza niveles avanzados, con computadoras, procesadores y programas accesibles y fáciles de usar, es posible desarrollar programaciones que gestionen dispositivos a precios competitivos en el mercado.

El proyecto implementado se caracteriza por usar un diseño compacto y su facilidad de uso, permitiendo el control del bloqueo y desbloqueo mediante un único dispositivo de control. Este sistema está estructurado en cuatro capítulos que detallan su funcionamiento y características específicas.

En el primer capítulo se abordan el análisis situacional, antecedentes, causas y consecuencias relacionadas con la seguridad de vehículos de categoría M1. Se presentan estadísticas detalladas sobre los índices de robos vehiculares y se examinan tanto los sistemas de seguridad tradicionales como los avanzados disponibles en el mercado

En el capítulo 2 se detalla el diseño del sistema en dos y tres dimensiones, utilizando planos elaborados en SolidWorks. Se incluye la especificación de todos los componentes electrónicos necesarios, junto con sus valores correspondientes, así como el diagrama y la estructura completa del sistema.

El Capítulo 3 se centra en la implementación del sistema electrónico del pedal del embrague para vehículos manuales. Se proporciona un análisis detallado de las cargas que la base metálica del sistema pudo soportar, junto con los procedimientos necesarios para la instalación del bloque electrónico en el pedal del embrague. Además, se incluyen los diseños específicos de los microcontroladores utilizados en el sistema.

El Capítulo 4 se dedica a las pruebas de funcionamiento diseñadas para validar la eficacia del sistema implementado. Se presenta el porcentaje de éxito obtenido durante estas pruebas, destacando la fiabilidad del sistema en condiciones simuladas y reales. Además, se detallan los componentes críticos del sistema

PROBLEMA

En el Ecuador, el aumento significativo en el número de robos de vehículos ha generado una preocupación generalizada debido a la falta de mecanismos de seguridad efectivos. Esta situación plantea la necesidad urgente de implementar soluciones que reduzcan tanto la incidencia de robos como la vulnerabilidad de los vehículos. Según investigaciones realizadas por agencias nacionales durante el último año, de enero a julio, se reportaron más de 5900 denuncias por robo de vehículos, según datos proporcionados por la Fiscalía General del Estado. (Fiscalía-General-del-Estado, 2023)

Estos robos no solo representan una pérdida económica significativa para el país, sino que también alimentan un mercado negro, donde se venden ilegalmente piezas de los autos robados o se utilizan los vehículos para cometer actos delictivos, lo que afecta tanto al mercado legal de repuestos como a la confianza en la compra de vehículos de procedencia dudosa. (El-Telégrafo, 2023).

A pesar de las medidas de seguridad implementadas por los fabricantes y empresas especializadas, muchas veces estas soluciones no son lo suficientemente efectivas o no están presentes en todos los vehículos ensamblados o importados al país, debido a costos u otras limitaciones. Aunque existen diversas alternativas de sistemas de seguridad, desde bloqueos simples hasta sistemas más complejos basados en claves y sensores de proximidad, su adopción varía y algunos métodos convencionales, como los bastones de bloqueo del volante, siguen siendo utilizados.

El análisis se centrará en datos recopilados durante los últimos tres años para comprender la evolución y la magnitud del problema. Se prestará especial atención a los cambios y tendencias en la tasa de robos de vehículos durante este período, con el objetivo de identificar patrones y factores contribuyentes para el desarrollo del sistema de seguridad electrónico aplicado al pedal de embrague.

Delimitación del problema. –

Actualmente, en el Ecuador, el robo de vehículos automotores ha emergido como un desafío significativo en los últimos años. En la ciudad de Quito, en particular, se nota un aumento alarmante del 10% en el robo de vehículos durante el año 2022 en comparación con el año anterior. Este incremento continúa manifestándose de manera preocupante a lo largo del

presente año, reflejando una tendencia preocupante respecto a la seguridad vehicular en la ciudad (El Comercio, 2023).

En este contexto, la presente investigación se centra en el análisis detallado de los patrones y tasas de robo de vehículos en áreas urbanas de Quito y otras ciudades clave de Ecuador. El objetivo principal es identificar los factores críticos y métodos específicos utilizados por los delincuentes para llevar a cabo estos robos.

El propósito último de este estudio es proponer recomendaciones concretas para fortalecer las medidas de seguridad y prevención del robo de vehículos en Ecuador, incluyendo la posible implementación de tecnologías avanzadas de seguridad vehicular y la mejora de la coordinación entre las autoridades locales y nacionales. Estas acciones están destinadas a mitigar las consecuencias sociales y económicas del robo de vehículos, promoviendo así un entorno más seguro y protegido para los ciudadanos ecuatorianos.

Objetivo General.

Desarrollar un sistema de seguridad vehicular mediante un dispositivo electromecánico activado de forma remota que permita el bloqueo del pedal de embrague de un vehículo categoría M1.

Objetivos Específicos.

- Realizar un análisis situacional sobre los índices de robo de vehículos en el Ecuador, así como de los sistemas de seguridad más usados actualmente.
- Utilizar herramientas de modelado CAD para diseñar y modelar los componentes físicos y electrónicos del sistema de seguridad destinado a bloquear y desbloquear los pedales de un vehículo de categoría M1
- Implementar la estructura mecánica y el sistema electrónico en un vehículo categoría M1, configurando un microcontrolador para la activación y desactivación remota del sistema.
- Realizar pruebas de funcionalidad del sistema de seguridad para determinar su desempeño y eficiencia en varios escenarios tanto reales como simulados.

MARCO TEÓRICO

1.1 Pedal de embrague

Los vehículos de categoría M1 que son utilizados por particulares y constan con una transmisión manual, son accionados por un pedal de embrague que permite que el conductor pueda controlar la transmisión de potencia entre el motor y la caja de cambios

Cuando el pedal de embrague se presiona se acciona un mecanismo interno que separa el disco de el embrague del volante del motor de manera temporal esto ayuda a que el conductor pueda cambiar de marchas el vehículo y puede adaptarse a las revoluciones que gira el cigüeñal

Al soltar el pedal del embrague gradualmente el disco se acopla nuevamente al volante del motor y esto ocasiona que la potencia que genera el motor vuelva a transmitirse a la caja de cambios y esto permita que el vehículo tenga más potencia. (Toro et al., 2019)

1.2 Capacidades y características Arduino

Arduino es una plataforma de creación electrónica de código abierto de hardware y software libre que consta con una placa fácil de transportar que sirve para programar y conectar a distintos controladores para la creación de proyectos electrónicos

Esta placa funciona como el cerebro del sistema que manda toda la información necesaria para diversas tareas según la necesidad del proyecto

Arduino incluyen pines digitales y analógicos que permiten conectar sensores, actuadores y otros componentes electrónicos para interactuar con el entorno físico. (Xataka,2020)

1.2.1 Arduino nano

El Arduino nano es una placa compacta y versátil que está diseñada para proyectos o sistemas que requieren un tamaño reducido sin que su funcionalidad se vea afectada

1.2.1.1 Características

- **Microcontrolador:** Al igual que las demás placas de Arduino nano está equipado con un microcontrolador que es un microchip que tiene por nombre ATmega328P. (Triawan & Sardi, 2020)

- **TAMAÑO:** una de ventajas de nano Arduino es su tamaño reducido esto lo vuelve ideal para proyectos donde su espacio es muy limitado como wearables, robots pequeños y dispositivos IoT. (Triawan & Sardi, 2020)
- **Pines de E/S:** Arduino nano consta con la cantidad suficiente de pines de entrada y salida digitales y analógicos los cuales es posible conectar varios tipos de sensores y actuadores que sean necesarios. (Triawan & Sardi, 2020)
- **Conexión USB:** El Arduino Nano tiene un conector USB integrado que facilita la comunicación con el ordenador para la programación y la transferencia de datos. (Triawan & Sardi, 2020)

1.2.2 Software IDE

El software de Arduino también llamado IDE (entorno de desarrollo integrado) que es una plataforma de creación de electrónica que está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Es una herramienta proporcional en un ambiente unificado que permite escribir y poder cargar los códigos en las placas Arduino y puedan cumplir su función. (Fernández, 2022)

Figura 1. Interfaz de Usuario de la Plataforma Arduino y Genuino



Fuente: Arduino.cc, 2024

1.2.2.1 Lenguaje

El nombre "C++", propuesto en 1983 por Rick Mascitti, refleja su evolución desde "C con clases". La expresión "C++" significa "incremento de C", indicando que C++ es una extensión del lenguaje C. (Stroustrup, 1986)

Figura 3. Electroimán Automotriz



Fuente: Electromagnetics, 2024

1.3.2 Actuador lineal

un actuador lineal funciona específicamente para crear movimientos en un solo sentido en línea recta este sistema en la forma más adecuada disponible, que sean eléctricas, mecánicas, hidráulicas o neumáticas, y la conviertan en un movimiento lineal para levantar o mover la carga aplicada

- **Actuadores lineales mecánicos:** Los actuadores lineales mecánicos tienen movimiento rotativo como su entrada mediante el uso de una perilla de control o control, y la convierten en movimiento lineal. (FirgeliAuto, 2024)
- **Actuadores lineales electromecánicos:** Los actuadores lineales electromecánicos tienen un funcionamiento similar a los actuadores lineales mecánicos. La diferencia es que la entrada manual se reemplaza por un motor eléctrico que gira el conjunto de engranaje de entrada. El conjunto de engranajes está conectado al tornillo de plomo y de esta manera, se obtiene movimiento lineal en la salida. (FirgeliAuto, 2024)
- **Actuadores lineales hidráulicos:** Los actuadores lineales hidráulicos trabajan en la ley de Pascal y usan dos cilindros que tienen un pistón en uno de ellos. Cuando se aplica una fuerza al líquido en un cilindro, se ejerce con una cantidad igual al segundo cilindro y la carga se mueve o se levanta. (FirgeliAuto, 2024)

Figura 4. Comparación de Cilindros Hidráulicos y Neumáticos



Fuente: FirceliAuto, 2024

1.3.3 Tornillo sin fin

Un tornillo sin fin es un dispositivo mecánico que transforma el movimiento de rotación en movimiento lineal o viceversa. Consiste en un tornillo con una rosca helicoidal alrededor de su eje, conocido como "sin fin", y un engranaje correspondiente llamado "rueda dentada sin fin" o "corona". Cuando el tornillo sin fin gira impulsado por un motor u otra fuente de energía, transmite este movimiento al engranaje, que a su vez genera movimiento lineal o rotatorio en la rueda dentada sin fin, dependiendo de la configuración específica del sistema. (Rodríguez et al., 2012)

1.3.4 Solenoide electromagnético

Un solenoide es un dispositivo físico que consiste en una bobina de hilo conductor aislado enrollado helicoidalmente. Su principal capacidad es generar un campo magnético intenso y uniforme dentro de su estructura, mientras que fuera de ella el campo es muy débil o nulo. Este campo magnético uniforme en el interior del solenoide lo hace útil en diversas aplicaciones, desde la electro magnetización de objetos hasta la creación de inductores en circuitos electrónicos. (Ingeniosos, 2020)

Figura 5. Solenoide Electromagnético para Proyectos DIY



Fuente: Electrostore, 2024

Tal como se muestra en la figura Se compone por una bobina con un embolo ferromagnético, al aplicarle corriente a la bobina crea un campo magnético que retrae al émbolo con fuerza. (Villamarin & Edison, 2021)

1.3.4.1 Tipos de solenoides

Existe una extensa lista de tipos de solenoides, que se los puede categorizar según su aplicación o función. Aunque hay distintos tipos, dos se diferencian según su movimiento, estos son los solenoides giratorios y lineales. (Elecinh, 2018)

Los solenoides giratorios son rotacionales, generan un movimiento angular en su propio eje y esta se mide en grados. Pueden ser unidireccionales o bidireccionales y su aplicación es amplia, para procesamiento fotográfico, abrir y cerrar un obturador laser, y en la industria automotriz sirven como un control de válvulas rotativas controlando el flujo de fluidos, actuadores rotativos para mecanismos de ajustes en vehículos y sistemas de engranajes en transmisiones automáticas. (Elecinh, 2018)

Los solenoides lineales al igual que el giratorio pueden ser bidireccionales, tiran o empujan un embolo fuera del solenoide. Al aplicarse corriente eléctrica, el núcleo se desplaza linealmente y en su mayoría tiene un resorte de retorno. Estos dispositivos son menos complejos y con un costo menor al giratorio. Suelen tener un tiempo de vida reducido, además de tener un cuerpo más grande. Son comunes en actuadores lineales, válvulas, relés, cerraduras electromagnéticas y dispositivos automotrices. (Muñoz et al., 2017)

1.4 Control Remoto Infrarrojo

En la mayoría de los dispositivos electrónicos se pueden controlar remotamente, en el caso de televisores, radios y aire acondicionado, la tecnología más usada es el infrarrojo.

1.4.1 Tecnología infrarroja: fundamentos y funcionamiento

La constitución de esta tecnología es simple, un control, infrarrojo emite instrucciones hacia un receptor electrónico de señales infrarrojas a través de modulación de señal. Cada fabricante utiliza diferentes amplitudes, modulaciones y protocolos para transmitir la señal. (Pujols, 2017)

1.4.2 Interacción entre el control remoto infrarrojo y Arduino

Los dispositivos de control infrarrojo constan de varios componentes: Led emisor infrarrojo, circuito de control como un microcontrolador y para este caso es un Arduino y el control remoto o el teclado que permita enviar comandos que procese el Arduino.

La operación del Arduino junto al control remoto infrarrojo implica pulsar botones para generar códigos digitales que modulan la luz infrarroja emitida por un LED. Estos pulsos, que llevan los comandos específicos, viajan en línea recta hacia el dispositivo receptor. Allí, un receptor IR detecta y convierte los pulsos en señales eléctricas que son decodificadas por un microcontrolador. Finalmente, el dispositivo objetivo ejecuta la acción correspondiente al comando recibido, como cambiar de canal en un televisor o ajustar la temperatura en un aire acondicionado o para este caso un dispositivo de seguridad. (Naylamp, 2016)

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS SITUACIONAL

1.1 Antecedentes

Como se menciona en *Quillupangui* (2022), “En Ecuador, el robo de autos ha mostrado un incremento significativo en los últimos años. En 2021, se registraron 5,504 robos de vehículos, un aumento del 51% en comparación con 2020.”

Durante 2023, las aseguradoras reportaron un aumento del 74% en las tasas de siniestralidad por robo de autos en el primer semestre del año. Las ciudades con mayor incidencia de estos delitos incluyen Guayaquil, Quevedo, Santo Domingo y Pichincha, siendo los jueves y viernes entre la 01h00 y las 04h00 los momentos más críticos para estos eventos. (Curva, 2023)

Las modalidades más comunes de robo incluyen el uso de herramientas para forzar las seguridades de los automóviles (estruche) y asaltos directos donde los conductores son amenazados con armas. (Quillupangui, 2022)

A consecuencia de estos altos índices de robo, algunas aseguradoras han dejado de suscribir o renovar pólizas para ciertos modelos de vehículos, particularmente aquellos más frecuentemente robados (Franco, 2023).

Debido a estas razones, se implementó el sistema de bloqueo electrónico para el pedal del embrague. Esta medida actúa como una alternativa adicional para prevenir el robo del vehículo, ya que el sistema incorpora una tecnología avanzada que solo permite al usuario, mediante un control remoto, desbloquear el pedal del embrague de manera sencilla.

Actualmente, los sistemas de seguridad para vehículos de categoría M1 se consideran una inversión estratégica que protege la propiedad privada esto se debe a que dichos sistemas permiten al usuario dejar su vehículo con mayor confianza en diferentes lugares, incrementando la seguridad y tranquilidad del propietario.

1.2 Causas y consecuencias de la seguridad en vehículos M1

Debido a los altos índices delictivos en el Ecuador incluso estacionar el auto en zonas permitidas o en el propio garaje no garantiza la seguridad del vehículo. (Cifras de robo, 2023)

Considerando que el problema de la inseguridad vehicular va más allá de un sistema social, este proyecto se enfoca en analizar la inseguridad en automóviles. El objetivo es diseñar un prototipo de seguridad que aumente la dificultad para los delincuentes al intentar robar un vehículo, creando barreras efectivas para prevenir estos delitos.

1.2.1 Causas

- **Altos índices de criminalidad:** La prevalencia del crimen organizado y la delincuencia común contribuyen al aumento de los robos de vehículos como un medio de transporte para cometer otros delitos o para su reventa en el mercado negro. (Muller, 2023)
- **Falta de seguridad efectiva:** La insuficiente vigilancia y control en áreas urbanas y rurales facilita las actividades de los ladrones, permitiéndoles robar vehículos con relativa facilidad. (Muller, 2023)
- **Demanda de piezas de repuesto:** Los vehículos robados pueden ser desmantelados y vendidos como piezas de repuesto en el mercado negro, donde existe una demanda considerable por componentes de automóviles. (Muller, 2023)
- **Oportunidades de lucro:** El lucro económico derivado del robo de vehículos, ya sea por la venta directa o por su utilización en actividades delictivas, motiva a los criminales a perpetrar estos actos. (Muller, 2023)

1.2.2 Consecuencias

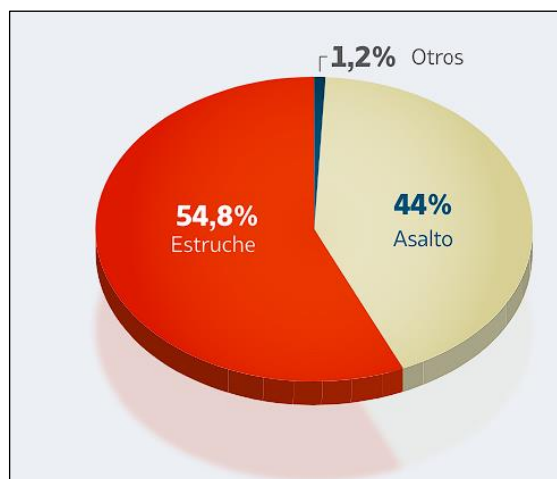
- **Pérdidas económicas para los propietarios:** Los propietarios enfrentan costos significativos debido a la pérdida del vehículo y, en muchos casos, a daños asociados durante el robo. (Hechos, 2023)

- Impacto en la seguridad pública: Los vehículos robados pueden ser utilizados en otros delitos como robos a mano armada, transporte de drogas u otros actos criminales, lo que aumenta la percepción de inseguridad en la sociedad. (Hechos, 2023)
- Aumento de las primas de seguros: Las compañías de seguros ajustan las primas para compensar las pérdidas por robos de vehículos, lo que afecta económicamente a los propietarios y a la industria aseguradora en general. (Hechos, 2023)
- Costos sociales y emocionales: El robo de un vehículo no solo implica pérdidas financieras, sino también emocionales y psicológicas para los propietarios, quienes pueden experimentar estrés, ansiedad y temor por su seguridad personal y la de sus familias. (Hechos, 2023)

1.3 Estadísticas e índices de robos de vehículos

Existen diferentes preferencias de robo de vehículos, tal como se presenta en el primer gráfico, la modalidad de asalto a vehículos automotores de categoría M1 suelen ser en su mayoría por estruচে, aprovechándose de la falta de vigilancia, y asaltos violentos en donde abordan al conductor mediante amenazas o violencia. Los ladrones usan armas para intimidar a la víctima, obligándola a abandonar el vehículo, que luego es sustraído. (Quillupangui, 2022)

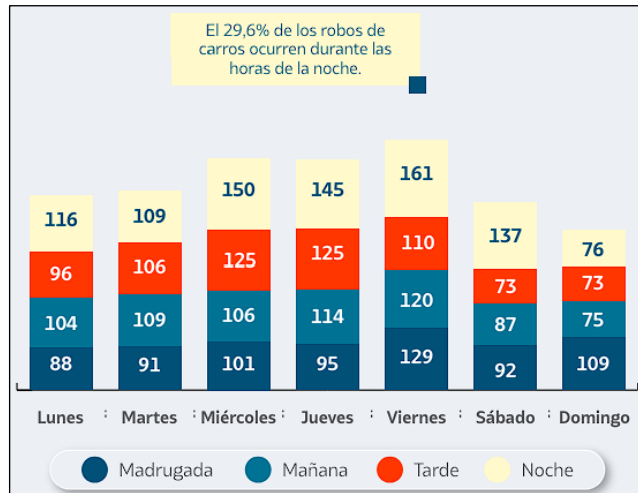
Figura 1.1. Porcentajes de robo de carros según la modalidad



Fuente: FGE, 2022

Esta modalidad de robo es más ocurrente en áreas con menor presencia policial y durante horas de la noche tal como se muestra en la Figura 1.2., al igual que tiene mayor incidencia en día laborables, esto es debido a por rutinas de trabajo en la que dejan los vehículos estacionados por largos periodos de tiempo, dándole la oportunidad a los delincuentes mayor facilidad, comodidad y tiempo de eludir sistemas seguridad del vehículo, ya sean electrónicos o mecánicos. (Quillupangui, 2022)

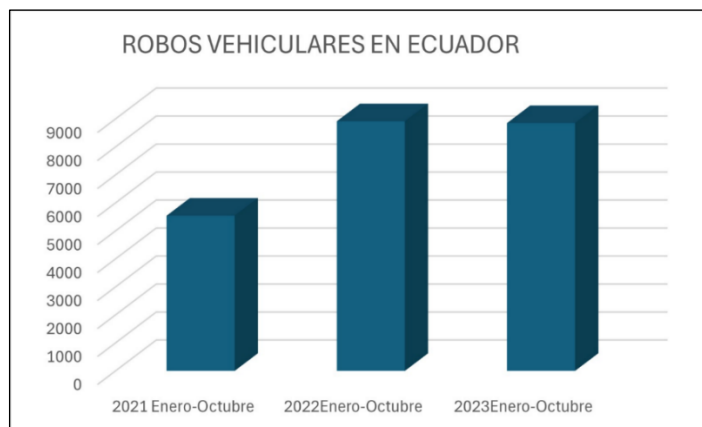
Figura 1.2. Distribución Semanal de Robos de Vehículos por Horario



Fuente: FGE, 2022

El incremento de robos vehiculares en Ecuador a lo largo de los años se debe a varios factores. Conforma pasa los años según la Figura 1.3., se demuestra que se incrementan los robos pasando los años, manteniéndose en un rango preocupante, pero que no disminuye.

Figura 1.3. Incremento de Robos de Vehículos en Ecuador

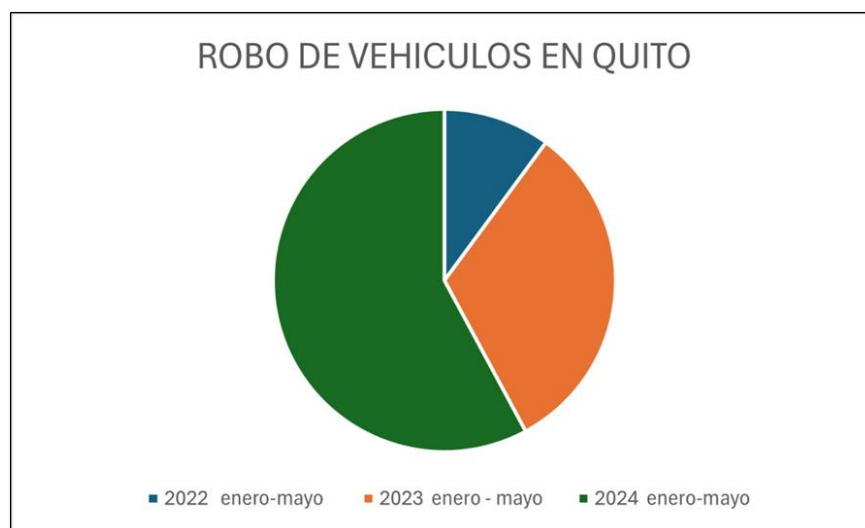


Fuente: Autores

Incluso en la capital, Quito, los robos desde el 2022 hasta este año 2024, tal como se ve en la Figura 1.3., en el primer semestre de enero a mayo, el aumento de vehículos se duplica, es decir que existe un aumento siquiera del 55% comparado al año 2023 y 2024.

La creciente sofisticación de los métodos utilizados por los delincuentes, como el uso de tecnología avanzada para sortear sistemas de seguridad, ha facilitado los robos. Además, la alta demanda de piezas de repuesto y vehículos en el mercado negro impulsa esta actividad delictiva. La falta de vigilancia efectiva y la debilidad en la aplicación de la ley también contribuyen a este fenómeno, creando un ambiente propicio para los robos vehiculares

Figura 1.4. Estadística de Robo de Vehículos en la Capital



Fuente: Autores

1.4 Sistemas de seguridad tradicionales y avanzados

1.4.1 Sistemas de alarma

- **Alarmas Sonoras:** Estos sistemas utilizan una combinación de sensores y actuadores para detectar y responder a intentos de robo. Cuando se detecta una intrusión, el sistema emite una señal audible a través de una bocina y activa la iluminación del

vehículo de forma intermitente para alertar a los propietarios y atraer la atención de otras personas cercanas. (Gómez, 2020)

Figura 1.5. alarma con Altavoz y Control Remoto para Alertas



Fuente: Autodoc, 2023

- **Alarmas Silenciosas:** Este sistema de alarma silencioso funciona como un botón de pánico que se encuentra dentro de la cabina del conductor y alerta a las autoridades sin hacer ningún sonido. (Fernández, 2023)

1.4.2 Inmovilizadores Electrónicos y mecánicos

- **Inmovilizador:** Este sistema utiliza tecnología de verificación de identidad, que puede estar integrada en una llave física mediante un chip incorporado o en un código de seguridad único. Cuando el conductor intenta encender el vehículo, el sistema electrónico verifica la identidad del conductor comparando la información proporcionada por la llave o el código de seguridad con los datos almacenados en el vehículo. Si la identidad no coincide o no se detecta la llave adecuada, el sistema bloquea el encendido del vehículo, incluso si se intenta forzar el arranque. (Soto et al.,2019)
- **Cortacorrientes:** Estos sistemas desconectan la corriente del vehículo, lo que impide que el motor se encienda. Pueden ser activados de forma manual o remota y son una medida efectiva para evitar el arranque no autorizado. (Gómez, 2020)
- **Bloqueo del Pedal de Embrague/Freno:** Este sistema bloquea mecánicamente los pedales del vehículo, lo que impide que el ladrón pueda accionarlos y conducir el vehículo, incluso si logra entrar en él. Suele ser un mecanismo robusto y complicado de manipular. (Villamarin & Edison, 2021)

Figura 1.6. Cerrojo Metálico con Llaves para Protección



Fuente: Tiendamia, 2024

1.4.3 Sistemas de Rastreo

- **GPS:** Los sistemas que utilizan tecnología GPS para rastrear la ubicación del vehículo en tiempo real están equipados con receptores GPS que reciben señales de satélites para determinar la posición exacta del vehículo. Esta información de ubicación se transmite a través de redes de comunicación móvil o satelital a una plataforma centralizada. (Amarul, Azairi, Ismalina & Zulfabli, n.d.)

1.4.4 Autenticación y Acceso

- **Llaves Inteligentes (Keyless Entry):** permite que el vehículo detecte que las llaves se encuentran cerca del vehículo o incluso dentro para poder encender
- **Reconocimiento Facial:** este sistema sofisticado identifica la apariencia de el conductor para poder encender el vehículo

Figura 1.7. Funcionamiento del Sistema de Seguridad con Reconocimiento Facial



Fuente: Motorpasion, 2014

1.4.5 Cámaras y Sensores

- **Cámaras de Seguridad:** Graban el entorno del vehículo y disuaden robos.

- **Monitorización de la Posición:** Asegura que el conductor mantiene la atención en la carretera.

1.4.6 Vidrios y Cerraduras de Seguridad

- **Vidrios laminados:** este sistema es muy eficiente por que evita que el vidrio se rompa con facilidad
- **Traba de volante:** El sistema del Traba volante tipo T bloquea el volante del Auto impidiendo que este pueda rodar, asegurando que con su cubierta suave no se cause ningún daño al volante ni al tablero. (Vélez, 2007)

Figura 1.8. Dispositivo de bloqueo del volante adjunto al volante de un vehículo



Fuente: Chileautos,2022

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD

El diseño del sistema de seguridad electrónico para bloquear el pedal de embrague es una solución innovadora en la protección vehicular, que se basa en un mecanismo de barra cuadrada de acero activado electrónicamente para impedir el uso del pedal del embrague, previniendo así el arranque del vehículo sin la autorización adecuada. Integra diferentes tipos de tecnología como microcontroladores y sensores, garantizando que solo se pueda liberar el bloqueo mediante una señal electrónica válida. Este enfoque no solo proporciona una capa adicional de seguridad física, sino que también se complementa con sistemas de monitoreo remoto para una vigilancia continua del vehículo.

2.1 Criterios de diseño

El proyecto tiene como objetivo mejorar la seguridad en los vehículos de categoría M1 mediante la implementación de un sistema electromecánico para bloquear el embrague de forma remota y prevenir el robo. Este sistema bloquea físicamente el pedal del embrague, impidiendo su uso normal y evitando que el vehículo pueda ponerse en marcha. Se presenta como una solución alternativa para garantizar la seguridad del vehículo, ya que bloquea el pedal del embrague en una posición fija, evitando su accionamiento. El sistema se activa y desactiva mediante un control remoto que gestiona el mecanismo electromecánico con la ayuda de un solenoide electromagnético.

2.1.1 Funcionalidad del Sistema

El sistema de seguridad propuesto utiliza un mecanismo mecánico que funciona en conjunto con un sistema electrónico, instalado en una parte del vehículo difícil de acceder y detectar por los delincuentes. A continuación, se detalla el proceso de activación y desbloqueo del sistema:

1. Registro de clave de usuario: Para garantizar la seguridad, se establece una clave de usuario para el propietario. Esto previene que el sistema sea desactivado fácilmente en caso de pérdida del control remoto.

2. Activación del sistema: Mediante el control remoto, uno de los botones se designa para activar el sistema mecánico de bloqueo. Una vez activado, el sistema no puede ser desactivado sin la clave de seguridad.
3. Ingreso de la clave: Se solicita al usuario ingresar la clave de seguridad en el dispositivo de control, que puede ser un código numérico.
4. Verificación de la clave: El sistema verifica la clave ingresada con la almacenada en su base de datos o memoria interna para confirmar su autenticidad. Si la clave no coincide, el sistema no se desactivará y solo se desbloqueará con la clave correcta.
5. Desbloqueo del sistema: Si la clave es correcta, el sistema se desbloquea, emitiendo un sonido característico a través de un buzzer y permitiendo el acceso a las funciones del vehículo, como el desbloqueo del embrague.

Este sistema de seguridad está diseñado para ofrecer un nivel adicional de protección en el uso del vehículo, restringiendo el acceso exclusivamente a personas autorizadas por el sistema.

2.1.2 Fiabilidad

La fiabilidad del sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague implementado se fundamenta en un diseño seguro y una implementación robusta, respaldados por una base sólida que puede soportar cargas externas elevadas y componentes confiables para prevenir fallos mecánicos, garantizando así un funcionamiento continuo y efectivo.

En términos de seguridad y protección, el sistema es esencial para bloquear físicamente el pedal del embrague de manera segura y confiable, impidiendo cualquier intento de manipulación externa. Posee una alta resistencia a manipulaciones y puede mantenerse activo según la programación establecida.

El control remoto desempeña un papel crucial en la activación y desactivación del sistema mediante un código específico, asegurando que el bloqueo del pedal se realice correctamente en cada uso. La integración de un solenoide electromagnético adicional añade una capa extra de protección al sistema, dificultando su manipulación manual.

Este enfoque integral en el diseño seguro, la robustez de la implementación y la gestión electrónica del sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague no solo mejora su fiabilidad, sino que también proporciona una protección efectiva contra accesos no

autorizados y manipulaciones indebidas, asegurando la seguridad del vehículo en todo momento.

2.2 Análisis comparativo de las alternativas

Para el desarrollo del sistema, es crucial determinar qué tipo de actuador utilizar. Se han seleccionado tres opciones distintas para integrar en el sistema: el solenoide electromagnético, el tornillo sin fin y el actuador lineal. A continuación, se realizará una comparación detallada entre estas opciones:

Tabla 1. Comparación de alternativas

Criterio	Solenoide Electromagnético	Tornillo sin Fin	Actuador Lineal
Facilidad de Adquisición	Alta: disponibles en tiendas electrónicas y en línea comunes.	Media: disponibles a través de proveedores industriales y especializados.	Alta: disponibles en tiendas de componentes mecánicos y electrónicos, así como en línea.
Costos	Bajo a Medio: generalmente entre \$8 y \$50.	Medio a Alto: usualmente entre \$50 y \$200, dependiendo del tamaño y capacidad.	Medio: típicamente entre \$25 y \$120, según especificaciones.
Programación	Fácil: se activa con una señal eléctrica simple, fácil integración con microcontroladores.	Compleja: requiere control preciso de motor y programación para el movimiento rotacional y lineal.	Moderada: control de posición y velocidad con soporte de controladores estándar, como Arduino o PLCs.
Potencia	Moderada: adecuado para aplicaciones que	Alta: puede soportar cargas pesadas,	Alta: puede variar ampliamente,

	no requieren alta fuerza, típicamente hasta 10-50 N de fuerza.	típicamente hasta 1000 N o más.	típicamente hasta 500-1000 N, adecuado para aplicaciones de empuje/tracción.
Velocidad de Activación	Rápida: activación casi instantánea, generalmente en milisegundos.	Lenta: debido a la naturaleza mecánica del tornillo, el movimiento es más lento, en el orden de segundos para alcanzar el desplazamiento completo.	Moderada a Rápida: depende del diseño, típicamente en el rango de 1-2 segundos para el desplazamiento completo.

Fuente: Autores.

Un solenoide electromagnético destaca como la opción preferida sobre actuadores como el tornillo sin fin o el actuador lineal debido a diversas ventajas clave. Están ampliamente disponibles y son económicos, como se muestra en la tabla 1, con precios que oscilan entre \$8 y \$50, facilitando su adquisición y uso en proyectos con presupuestos limitados. Su fácil integración con sistemas como Arduino, mediante una simple señal eléctrica, simplifica el diseño y la programación del sistema.

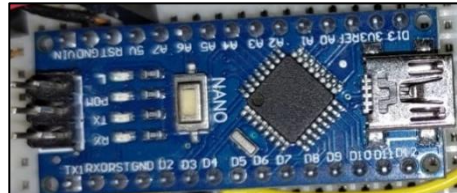
Los solenoides electromagnéticos se activan casi instantáneamente en milisegundos, ideal para aplicaciones que requieren respuestas rápidas y precisas. Su diseño compacto y ligero permite su instalación en espacios reducidos, con bajo mantenimiento debido a su estructura robusta. Aunque son ideales en muchos casos, es crucial evaluar las necesidades específicas de cada aplicación; y para el proyecto propuesto es ideal su aplicación, debido a que no se necesitan fuerzas extremadamente altas, evitando optar por un tornillo sin fin o un actuador lineal, que ofrecen mayor capacidad de fuerza y control de precisión.

2.3 Selección de los componentes de hardware

- **Arduino Nano:**

Arduino Nano es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega328P. Es compacta y versátil, adecuada para proyectos con espacio limitado.

Figura 2.1. Arduino Nano



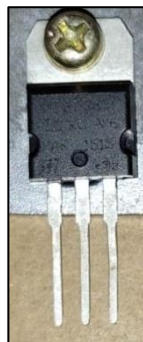
Fuente: Autores

- Características técnicas: Microcontrolador ATmega328P, 32 KB de memoria flash, 2 KB de RAM, 14 pines digitales (6 PWM), 8 pines analógicos, velocidad de reloj de 16 MHz.
- Aplicaciones: Control de dispositivos electrónicos, sistemas de automatización, proyectos de robótica, sensores y actuadores.

- **Transistor L7805CV:**

Es un regulador de voltaje lineal que proporciona una salida estable de 5V a partir de una entrada mayor y siendo este la alimentación del Arduino.

Figura 2.2. MOSFET L7805CV



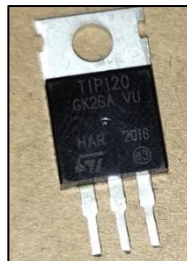
Fuente: Autores.

- Características técnicas: Voltaje de entrada máximo de 35V, corriente de salida máxima de 1.5A.
- Aplicaciones: Fuente de alimentación para circuitos que requieren una tensión constante de 5V, como microcontroladores, sensores y circuitos digitales.

- **Transistor TIP120:**

Es un transistor de potencia Darlington NPN que puede manejar corrientes altas con una ganancia de corriente muy alta.

Figura 2.3. MOSFET TIP 120



Fuente: Autores

- Características técnicas: Corriente máxima de colector (I_c) de 5A, voltaje máximo colector-emisor (V_{ce}) de 60V.
- Aplicaciones: Control de motores DC, solenoides, lámparas y otros dispositivos que requieren corrientes elevadas y control de potencia.

- **Transistor STP80NF55-08:**

Es un transistor de potencia MOSFET N-channel, ideal para conmutación rápida y eficiente de cargas.

Figura 2.4. MOSFET STP80NF55-08



Fuente: Autores

- Características técnicas: Tensión de drenaje (Vds) de 55V, corriente continua de drenaje (Id) de 80A, resistencia de conducción (Rds(on)) baja.
- Aplicaciones: Control de motores, sistemas de alimentación conmutada, inversores de potencia y circuitos de conmutación de alta corriente.

- **Diodo 1N4007:**

Es un diodo rectificador de propósito general que permite el paso de corriente en un solo sentido.

- Características técnicas: Tensión inversa máxima de 1000V, corriente media de rectificación de 1A.
- Aplicaciones: Protección contra inversión de polaridad, rectificación de corriente en fuentes de alimentación.

- **Capacitor de 10 uF:**

Componente pasivo utilizado para almacenar energía eléctrica y suavizar fluctuaciones de voltaje.

- Características técnicas: Capacidad de 10 microfaradios (uF), voltaje nominal dependiente de la aplicación específica.
- Aplicaciones: Filtros de ruido, estabilización de voltaje, almacenamiento temporal de energía en circuitos electrónicos.

- **Buzzer:**

Dispositivo electromecánico que produce un sonido audible cuando se aplica una corriente eléctrica.

Figura 2.5. BUZZER ZUMBADOR



Fuente: Autores

- Características técnicas: Voltaje de operación típico de 5V a 12V, corriente nominal para activación.
- Aplicaciones: Alarmas audibles, indicadores sonoros, sistemas de aviso y alerta en proyectos electrónicos.

- **Solenoides electromagnéticos de 12V y recorrido de 1cm:**

Dispositivo que convierte energía eléctrica en movimiento lineal mediante un núcleo móvil cuando se aplica un campo magnético generado por la bobina.

Figura 2.6. Solenoide electromagnético 12V



Fuente: Autores

- Características técnicas: Tensión de operación de 12V DC, recorrido de 1cm cuando se energiza.
- Aplicaciones: Sistemas de cerraduras electrónicas, válvulas automatizadas, dispositivos de control de acceso.

- **Control Remoto Infrarrojo (Emisor):**

Es un dispositivo portátil que emite señales infrarrojas codificadas cuando se presionan sus botones. Cada botón del control remoto envía una señal única que el receptor puede interpretar.

Figura 2.7. Control remoto emisor IR

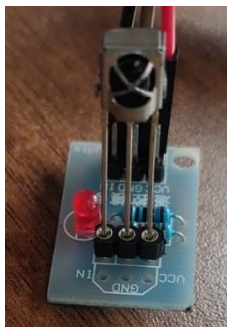


Fuente: Autores

- Aplicaciones: Control de dispositivos electrónicos a distancia, como televisores, aires acondicionados, equipos de audio y video, y otros aparatos que son compatibles con sistemas de control remoto IR.
- **Módulo Receptor Infrarrojo:**

Este módulo es sensible a las señales infrarrojas emitidas por el control remoto, detecta y decodifica las señales IR recibidas para interpretar las acciones solicitadas por el usuario.

Figura 2.8. Modulo receptor infrarrojo



Fuente: Autores

- Características técnicas: Operan en el rango de frecuencias de 30 kHz a 60 kHz, dependiendo del estándar IR utilizado.

- Aplicaciones: Utilizado en proyectos de electrónica para recibir comandos de control remoto, integración en sistemas domóticos, automatización del hogar, y aplicaciones de robótica y Arduino.
- **Resistencia de 12k y 1k (12,000 ohmios):**
Estas resistencias limitan la corriente en el circuito de acuerdo con la ley de Ohm ($V = I * R$), donde V es el voltaje, I es la corriente y R es la resistencia.
 - Aplicaciones: Se utiliza para dividir voltajes, como parte de redes de resistencias en divisores de voltaje, en filtros de paso alto o bajo, y en general para controlar la corriente en circuitos electrónicos.

2.3.1 Costos de los componentes del sistema

En la Tabla 2 se encuentra el costo de los componentes eléctricos y del material a utilizar para el ensamblaje del sistema de seguridad:

Tabla 2. Costo de los elementos para la creación del sistema

CANTIDAD	ELEMENTO	VALOR
1	Arduino nano	11
1	Transistor L7805CV:	1
1	Transistor TIP120	1
1	Transistor STP80NF55-08	1,75
2	Diodo 1N4007	1
2	Capacitor de 10 uF	2
1	Buzzer	0,9
2	Solenoides 12v	16
1	Control remoto y receptor IR	5
1	Resistencia 1 y 12k	0,4
1	Pubo cuadrado de acero 5/8	0,7
1	Plancha de acero galvanizado de 2mm	20
TOTAL		60,75

Fuente: Autores

2.4 Modelación en SolidWorks

SolidWorks es una herramienta líder en el diseño mecánico que permite a los ingenieros diseñar y simular sistemas, así como crear piezas complejas. Esta capacidad ayuda a reducir costos y optimizar el proceso de fabricación de manera eficiente.

2.4.1 Ventajas de SolidWorks

- Simulación de piezas en 2D y 3D: Permite visualizar y analizar los diseños en dos y tres dimensiones.
- Agregación de parámetros y creación de geometrías requeridas: Facilita la incorporación de parámetros específicos y la creación de geometrías precisas.
- Dimensiones tridimensionales: Ofrece la capacidad de trabajar con dimensiones tridimensionales, proporcionando una vista más completa y detallada del diseño.
- Creación de sólidos en 3D: Facilita la creación de modelos sólidos tridimensionales para una representación más realista de las piezas.
- Simulación de pruebas: Permite realizar simulaciones de pruebas para verificar el rendimiento y la resistencia de los diseños.
- Ensamble de piezas tridimensionales: Facilita el ensamblaje de diferentes piezas en un entorno tridimensional, asegurando un ajuste preciso y funcional.

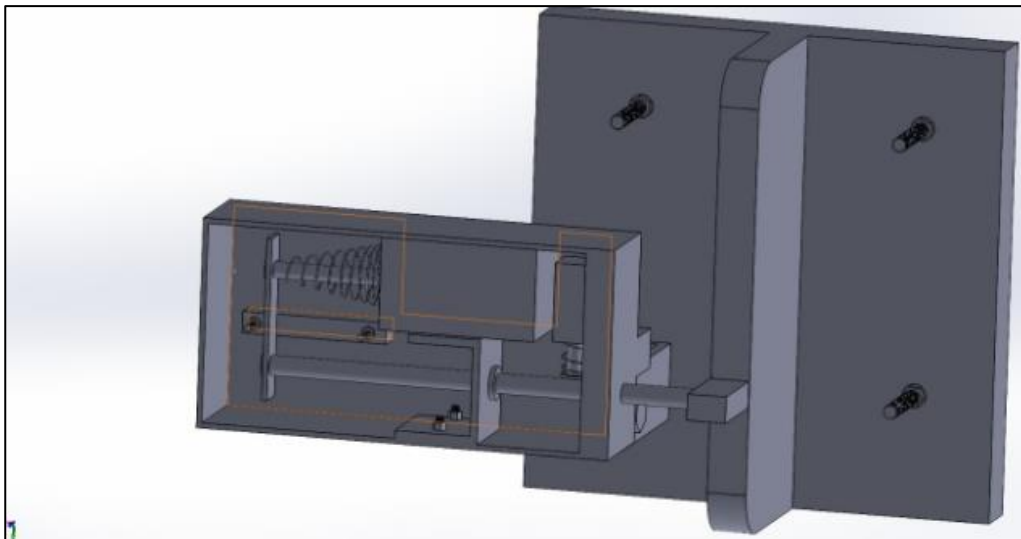
El diseño propuesto en este contexto es un sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague, específicamente diseñado para vehículos de categoría M1 diseñado en Solid Works

Este innovador sistema busca mejorar la seguridad y la funcionalidad de los vehículos, proporcionando un método seguro y eficiente para controlar el uso del embrague.

2.4.2 Diseño 3D del sistema

Gracias a su ubicación estratégica en el pedal del embrague, el sistema de bloqueo es difícil de visualizar y no interfiere con la forma en que el conductor opera el embrague.

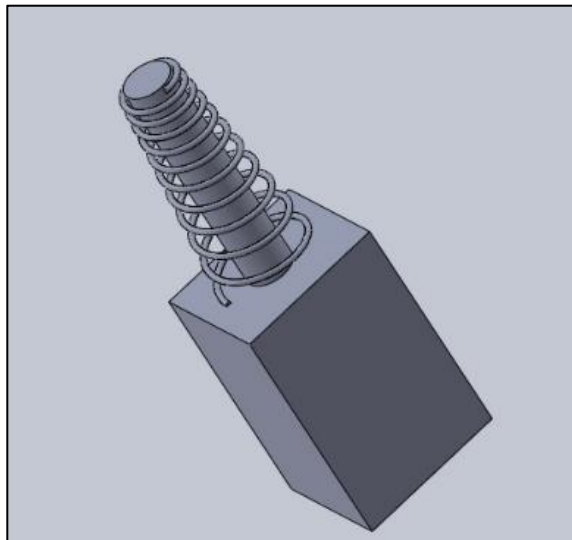
Figura 2.9. Modelación del sistema mecánico completada



Fuente: Autores

Este sistema está diseñado con una base fija colocada cerca del pedal del embrague, tal como se ve en la Figura 2.9., mientras que su mecanismo de bloqueo opera en la parte superior del pedal.

Figura 2.10. Modelación del Solenoide electromagnético principal

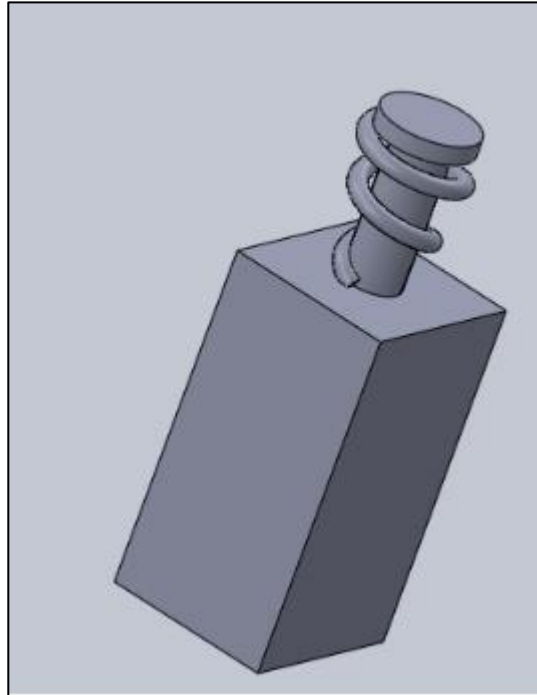


Fuente: Autores

Este solenoide electromagnético principal de la Figura 2.10., desempeña un papel fundamental en el sistema al ser responsable de iniciar el movimiento y establecer el bloqueo detrás del pedal del embrague.

Este componente utiliza la energía electromagnética para generar la fuerza necesaria que activa el mecanismo de bloqueo y desbloqueo y asegurando que el pedal del embrague permanezca en una posición segura cuando sea necesario iniciar el vehículo. Gracias a su diseño y funcionamiento eficiente, el solenoide electromagnético garantiza una operación confiable y precisa del sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague

Figura 2.11. Construcción del modelo del solenoide electromagnético secundario pequeño

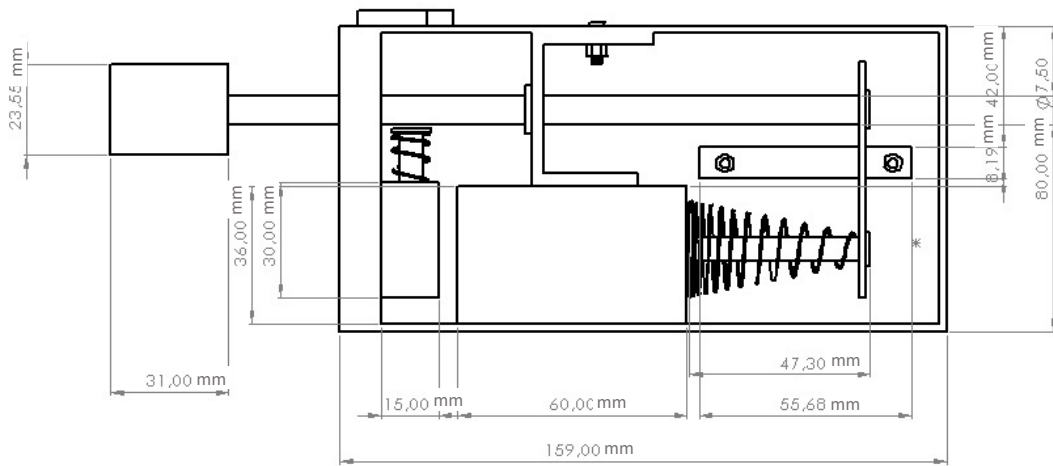


Fuente: Autores

El solenoide electromagnético secundario de la Figura 2.11., de dimensiones optimizadas respecto al principal, cumple la función específica de asegurar el bloqueo del sistema interno para prevenir la eliminación del bloqueo ubicado detrás del pedal de embrague.

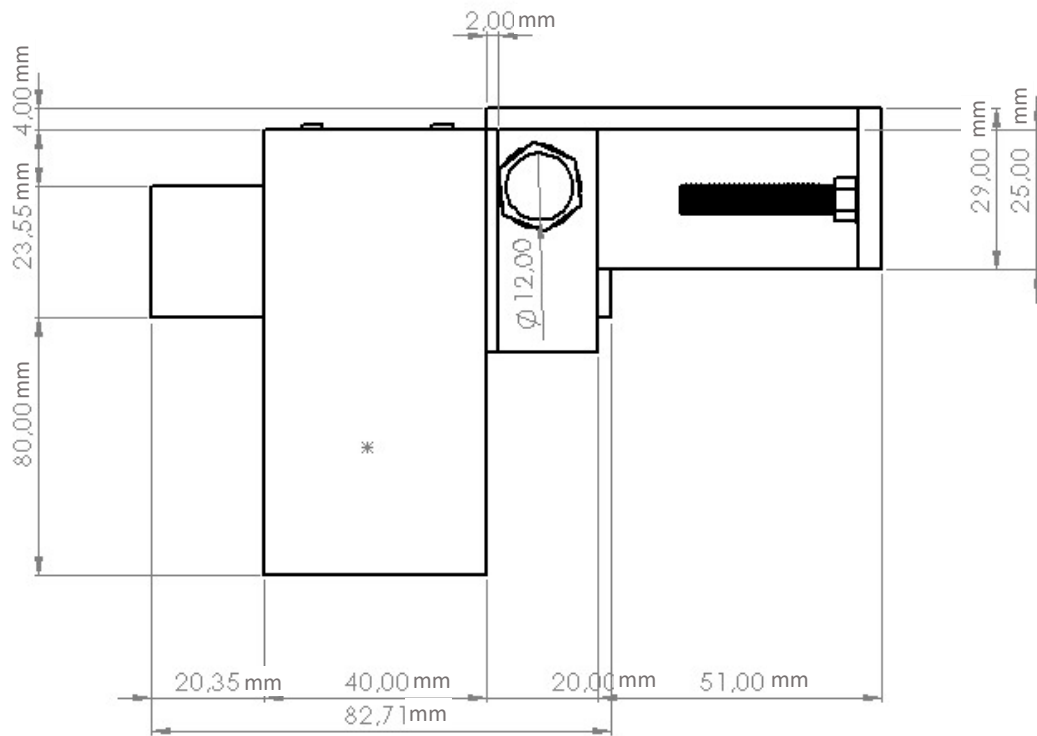
El diseño de planos para el sistema de bloqueo del pedal de embrague en SolidWorks, tal como en la Figura 2.12. y Figura 2.13., se llevó a cabo de una manera extremadamente meticulosa, garantizando la máxima atención a cada detalle del sistema. Este enfoque minucioso es esencial para asegurar que el sistema no solo sea funcional, sino que también se ajuste con precisión a las especificaciones técnicas necesarias para evitar fallas durante la fabricación e implementación física.

Figura 2.12. Plano del sistema interno mecánico, vista superior.



Fuente: Autores

Figura 2.13. Plano exterior del sistema de seguridad, vista posterior.



Fuente: Autores

2.5 Análisis del sistema en PROTEUS

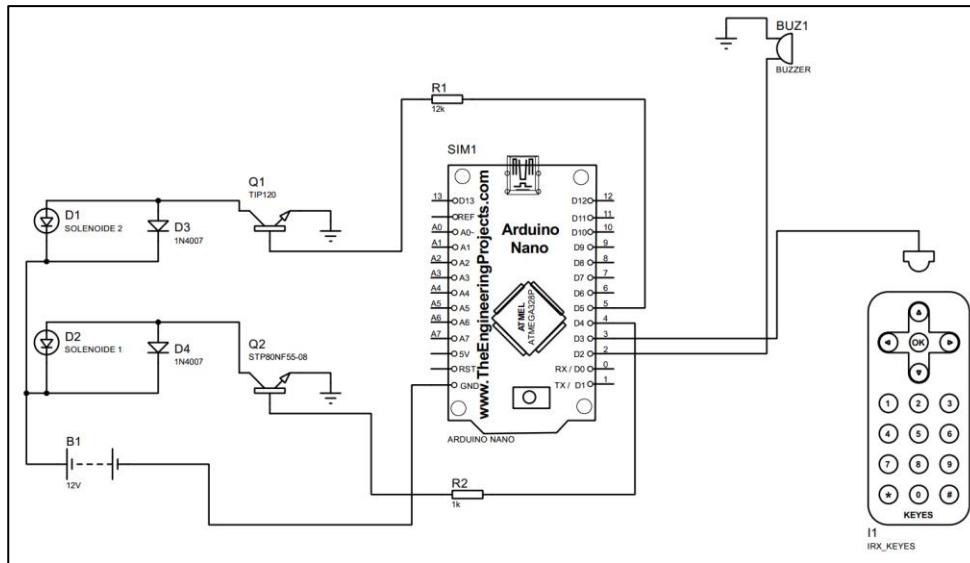
Se modela el sistema electrónico en Proteus, que es un software de simulación y diseño de circuitos electrónicos que permite a los usuarios crear y analizar circuitos antes de construirlos físicamente.

En la Figura 2.14., el sistema electrónico que controla los solenoides está gestionado por un Arduino Nano. Cada solenoide, representado por LEDs en el programa de simulación, se conecta directamente al positivo de una batería de 12V, mientras que el negativo se alimenta a través de un transistor. Los pines de salida 4 y 5 del Arduino envían señales a la base de los transistores, activándolos secuencialmente y durante intervalos específicos. Cada solenoide está equipado con un diodo Zener conectado en paralelo para proteger contra picos de tensión al desconectar la fuente de alimentación.

El receptor infrarrojo está posicionado en el pin 3, recibiendo señales del control emisor para gestionar las funciones de bloqueo y desbloqueo programadas en el Arduino mediante una clave. Además, se ha integrado un buzzer en el pin 2 que emite un sonido distintivo al activar cualquier botón del teclado del control, indicando el estado de bloqueo o desbloqueo del sistema.

El diseño desarrollado en Proteus para este sistema electrónico cumple satisfactoriamente con los requisitos esperados, asegurando su funcionalidad y comportamiento previstos.

Figura 2.14. Diseño del circuito electrónico del sistema de seguridad

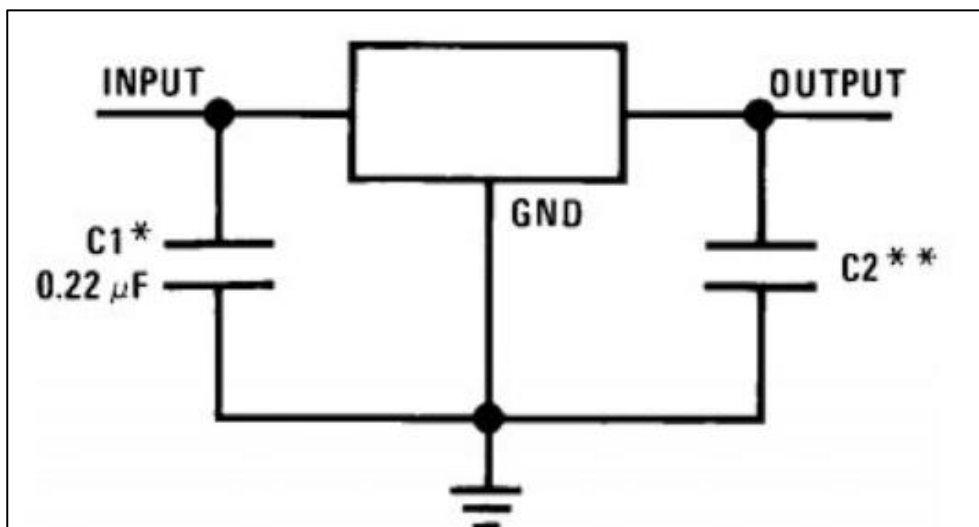


Fuente: Autores

2.6 Diagramas eléctricos y electrónicos

El sistema funciona directamente de la batería del vehículo para su funcionamiento, es un sistema independiente que consta de un circuito eléctrico, electrónico y un sistema mecánico. Para la alimentación del controlador del sistema que necesita una entrada de 5V, para ello se utiliza el transistor L7805 junto a los capacitores, tal como se muestra en la Figura 2.15., que va a utilizar el voltaje de la batería del vehículo para alimentar al Arduino nano.

Figura 2.15. Esquema eléctrico de la alimentación del sistema usando el MOSFET L7805

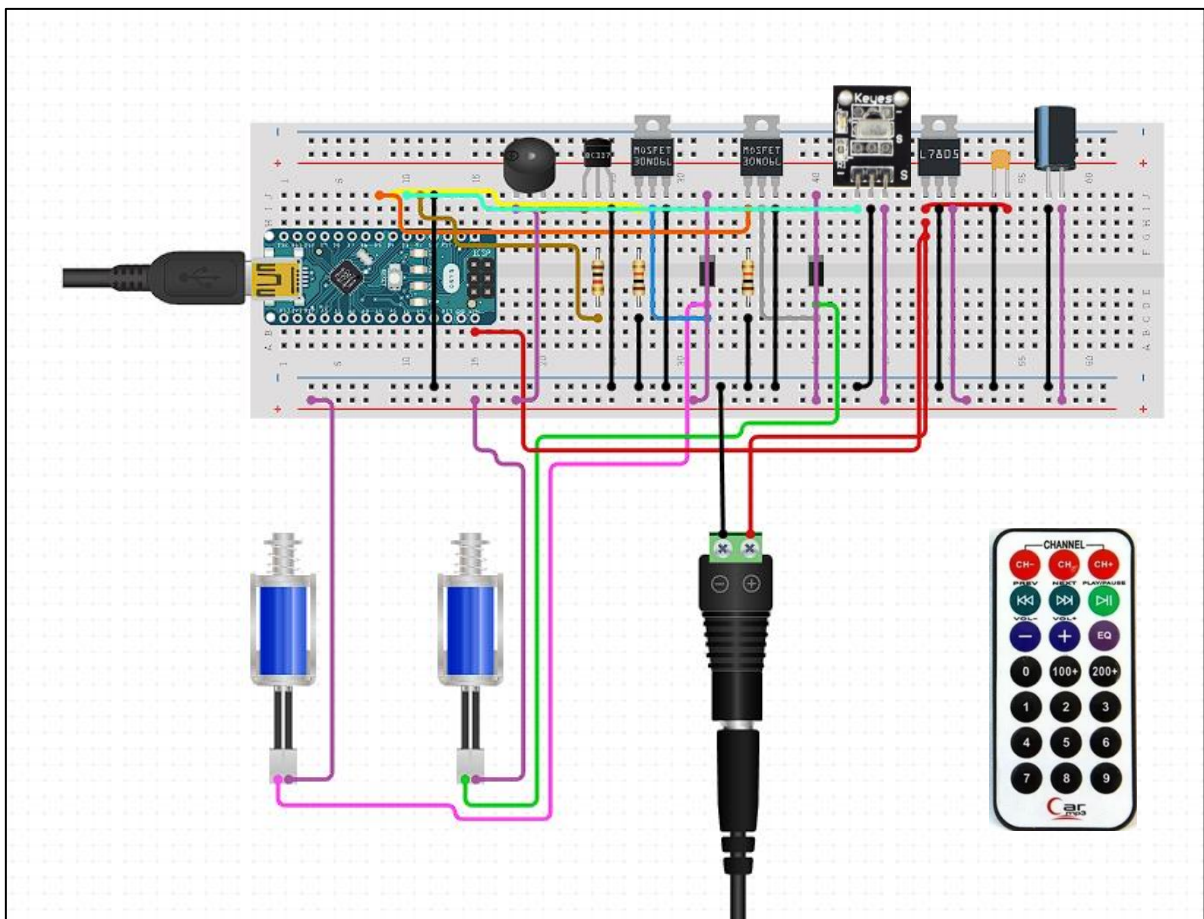


Fuente: Gras, 2020

El sistema es compacto al emplear únicamente dos solenoides y un Arduino, permitiendo el uso de la batería de un vehículo. Debido a que la activación de los solenoides es breve y el Arduino tiene un consumo mínimo de energía, la batería no se verá significativamente afectada.

En la Figura 2.16., se presenta una representación gráfica combinada de la conexión eléctrica del circuito y de los demás componentes del sistema, que será implementado en un protoboard. Esto proporciona una visión clara del diagrama de control de los solenoides y la distribución de la alimentación del sistema, asegurando así un ensamblaje preciso del circuito.

Figura 2.16. Esquema eléctrico del sistema completo de seguridad



Fuente: Autores

2.7 Estructura del sistema

En la representación gráfica proporcionada se observa una imagen de referencia que generaliza las conexiones efectuadas para la creación del sistema de seguridad.

En dicha ilustración, se destacan elementos clave como:

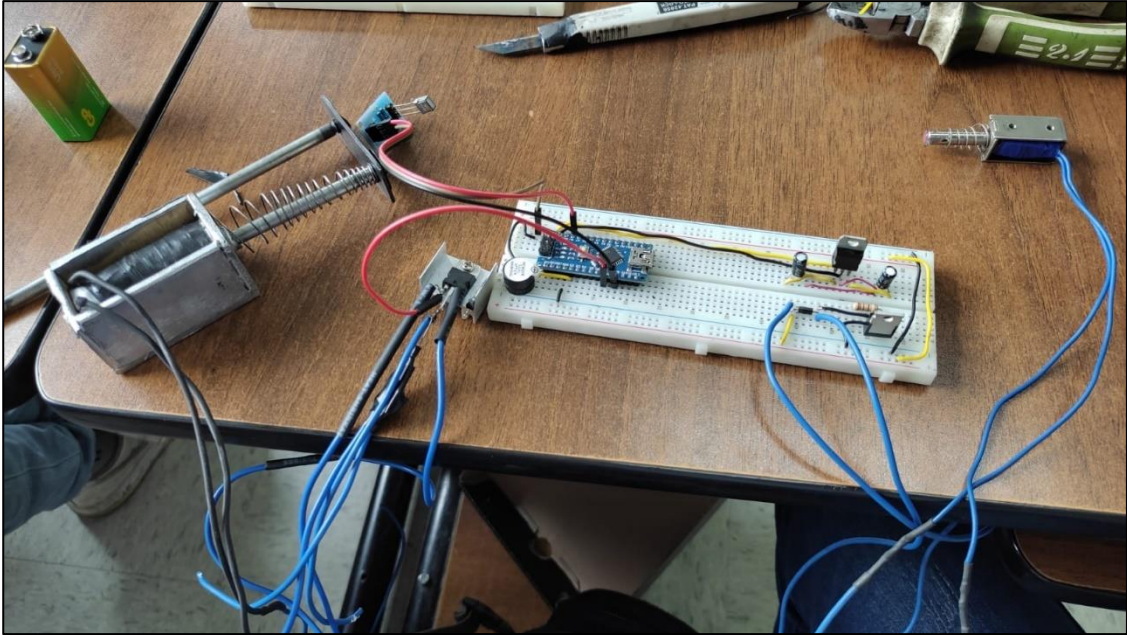
- Tarjeta Arduino
- Transistores
- Receptor infrarrojo
- Buzzer
- Protoboard
- Solenoides electromagnéticos

El solenoide electromagnético principal está diseñado para accionar la mayor parte del sistema interno. Este componente se conecta a un transistor con una capacidad de voltaje de 55V y una corriente continua de drenaje (I_d) de 80A, proporcionando el voltaje necesario para su óptimo funcionamiento. El transistor, a su vez, se conecta a la placa Arduino Nano, la cual recibe y procesa toda la información necesaria para la operación del sistema.

El solenoide secundario, de menor tamaño, también se conecta a un transistor, en este caso con una capacidad de voltaje de 60V y una corriente continua de drenaje (I_d) de 5A. Dado que este solenoide se utiliza para el bloqueo interno y es más pequeño, no requiere una alta resistencia de amperaje.

La activación del sistema completo se logra mediante un receptor infrarrojo conectado directamente al Arduino Nano, que recibe la información necesaria para operar mediante un control remoto preconfigurado. Esta configuración asegura un control eficiente y preciso de todo el sistema electrónico del bloqueo del pedal del embrague.

Figura 2.17. Sistema electrónico ensamblado



Fuente: Autores

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD

En el presente capítulo se describe el proceso de implementación del sistema electrónico del pedal del embrague para vehículos de categoría M1. Para la programación del Arduino Nano, se utilizó el lenguaje C++, que permite a través de códigos específicos controlar los componentes del sistema para realizar tareas determinadas.

El diseño físico del sistema se llevó a cabo inicialmente en SolidWorks, una herramienta que facilita la creación de piezas en 3D con medidas complejas. Utilizando SolidWorks, se realizaron simulaciones aplicando cargas a diversos materiales, lo que permitió determinar el grosor adecuado del material necesario para soportar las tensiones esperadas. Es crucial que la base, que se fija a la parte posterior del compartimento del embrague, sea difícil de visualizar y esté diseñada con precisión para que el bloqueo detrás del pedal del embrague no cause molestias al conductor.

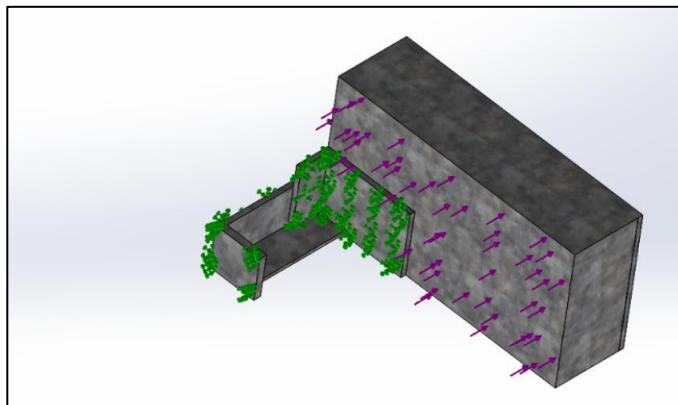
Además, se asegura que esta solución es menos vulnerable en comparación con los sistemas convencionales disponibles en el mercado, ofreciendo una mayor seguridad y fiabilidad.

3.1 Pruebas de esfuerzos del sistema mecánico

3.1.1 Deformación máxima de la base

La Figura 3.1. muestra una modelación en SolidWorks de una estructura compuesta del sistema de seguridad, con una malla de elementos finitos y las condiciones de carga y restricciones definidas para realizar un análisis estructural. Este análisis es fundamental para evaluar la resistencia y la seguridad de la estructura bajo las condiciones especificadas.

Figura 3.1. Selección de componentes donde se pueden aplicar esfuerzos en el sistema mecánico

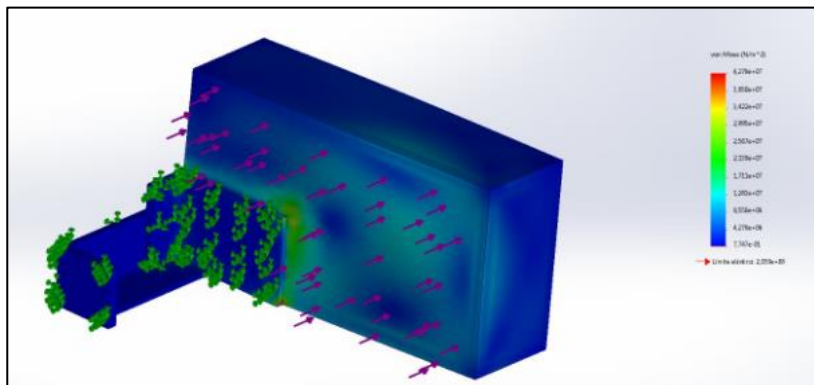


Fuente: Autores

En la Figura 3.2., se puede apreciar que la base fija, instalada en la carrocería del vehículo, soporta una carga de $4.278e+07$ N/m² en la base que sostiene el sistema de bloqueo, equivalente a aproximadamente 45 kgf.

Estos resultados indican que intentar retirar el sistema de bloqueo manualmente sería extremadamente difícil debido a la alta resistencia que ofrece frente a fuerzas de tracción.

Figura 3.2. Prueba de esfuerzos en el sistema mecánico

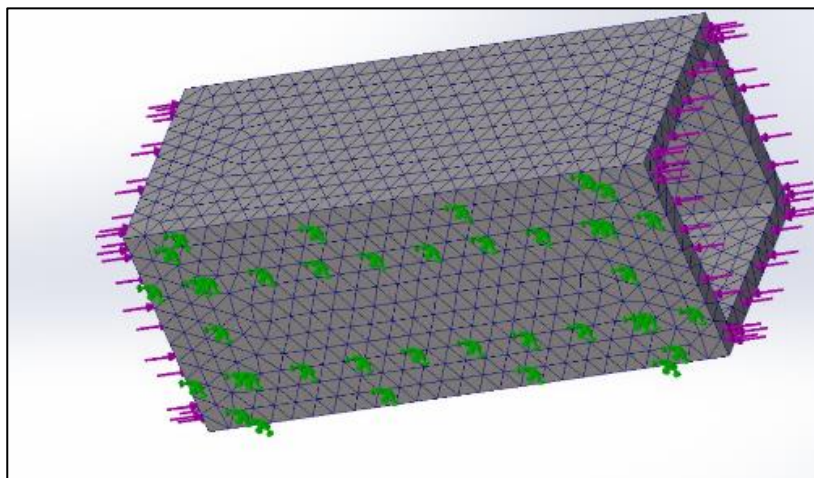


Fuente: Autores

3.1.2 Deformación máxima del bloque

La Figura 3.3. muestra un análisis de elementos finitos de un tubo cuadrado modelado en SolidWorks, donde se han aplicado cargas y se han definido restricciones para evaluar el comportamiento estructural del tubo bajo estas condiciones.

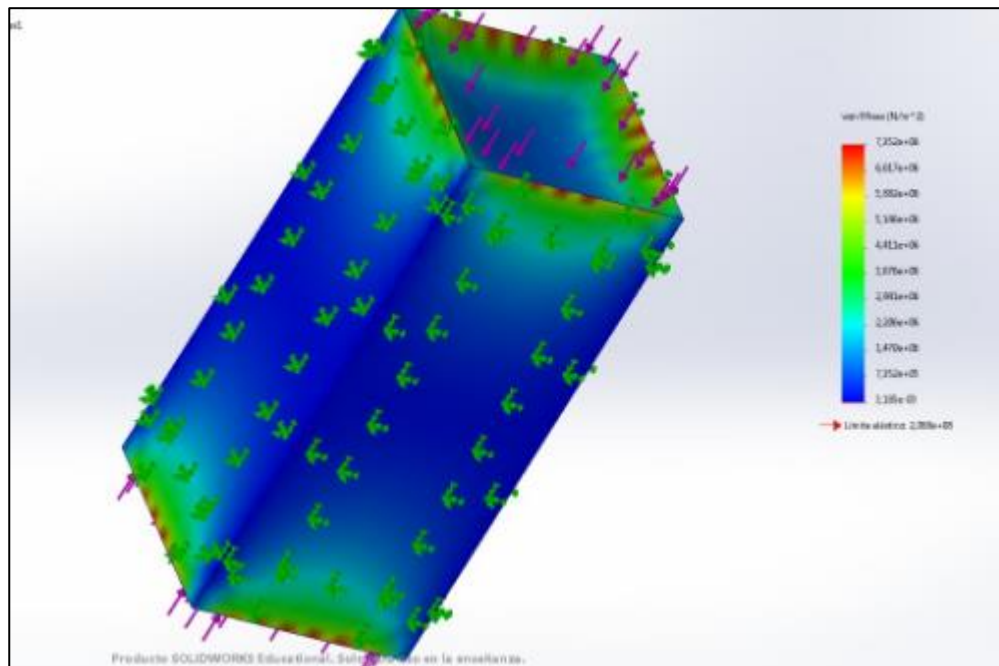
Figura 3.3. Barra cuadrada de acero que bloquea el pedal del embrague



Fuente: Autores

En la figura 3.4 se destacan los puntos críticos en la estructura, indicando las áreas de máxima y mínima resistencia. El máximo esfuerzo, de $7.352e+06 \text{ N/m}^2$, se encuentra cerca de los extremos de la traba, que actúan como un mecanismo de bloqueo en el pedal del embrague, impidiendo el cambio de marchas en la caja de cambios. Por otro lado, el esfuerzo mínimo, de $3.185e+03 \text{ N/m}^2$, se localiza en la parte central de la traba

Figura 3.4. Prueba de esfuerzos a la que se somete el tubo

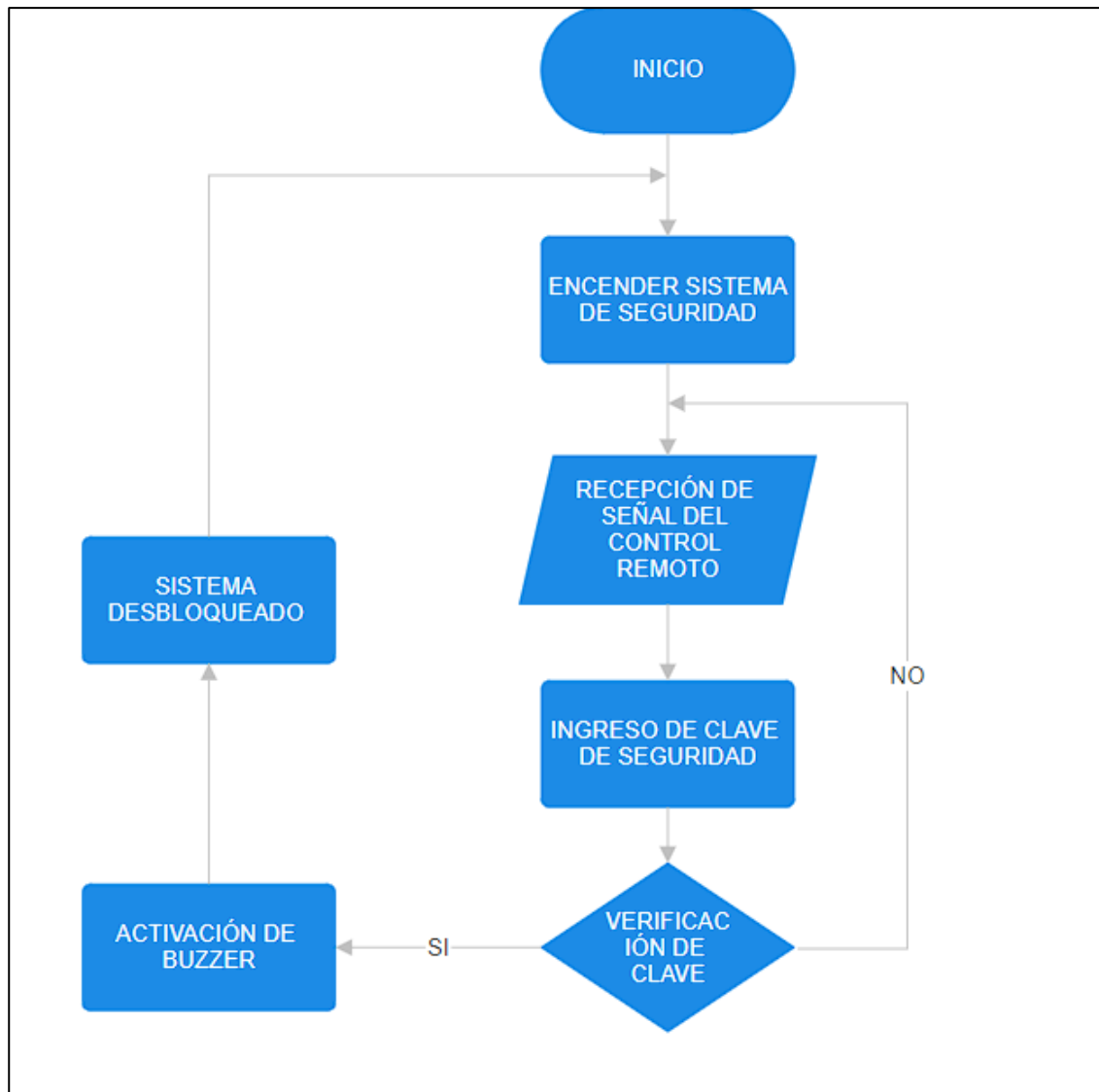


Fuente: Autores

3.2 Diseño del sistema de seguridad

El siguiente diagrama de flujo ilustra el proceso de diseño del sistema electrónico de seguridad, detallando cada paso que debe cumplir:

Figura 3.5. Diagrama de flujo del sistema de seguridad



Fuente: Autores

3.3 Diseño del microcontrolador

Una parte importante del diseño es la programación de la tarjeta Arduino nano. En la Figura 3.6., se visualiza el proceso incluyendo la biblioteca "IRremote.h" que permite manejar la comunicación por infrarrojos y se definen los pines para el receptor IR, los solenoides, y el buzzer.

Se declaran constantes para los códigos de los botones del control remoto, así como variables para el código correcto, la secuencia ingresada por el usuario, y variables de control para el tiempo y el estado de los solenoides y el sistema.

Figura 3.6. Configuración inicial del código

```
#include <IRremote.h>

const int RECV_PIN = 3;      // Infrarrojo
const int SOLENOID_PIN_1 = 4; // Solenoide pequeño
const int SOLENOID_PIN_2 = 5; // Solenoide grande
const int BUZZER_PIN = 2;    // Chicharra

IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;

unsigned long digitCodes[] = {0xFF30CF, 0xFF18E7, 0xFF7A85, 0xFF10EF, // 1, 2, 3, 4
                              0xFF38C7, 0xFF5AA5, 0xFF42BD, 0xFF4AB5, // 5, 6, 7, 8
                              0xFF52AD, 0xFF629D}; // 9, 0

unsigned long button1Code = 0xFF30CF; // Código botón 1

int codeSequence[4] = {1, 1, 1, 1}; // Código correcto
int inputSequence[4];
int inputIndex = 0;
unsigned long lastInputTime = 0;
const unsigned long inputTimeout = 5000; // 5 segundos de tiempo máximo entre entradas
unsigned long lastValidCode = 0;
unsigned long lastReceiveTime = 0;
const unsigned long debounceDelay = 300; // 300 ms de tiempo de debounce

unsigned long solenoid1OnTime = 0; // Tiempo en el que se encendió el solenoide 1
unsigned long solenoid2OnTime = 0; // Tiempo en el que se encendió el solenoide 2
// tiempo de duracion de cada solenoide en etapa de bloqueo
const unsigned long solenoid1Button1Duration = 2000; // 2 segundos
const unsigned long solenoid2Button1Duration = 3000; // 3 segundos
// tiempo de duracion de cada solenoide en etapa de desbloqueo
const unsigned long solenoid1CodeDuration = 2000; // 2 segundos
const unsigned long solenoid2CodeDuration = 1000; // 1 segundo

bool solenoid1IsOn = false; // Estado del solenoide 1
bool solenoid2IsOn = false; // Estado del solenoide 2
bool systemLocked = false; // Estado del sistema (bloqueado/desbloqueado)
```

Fuente: Autores

El bucle principal “loop” del programa que se muestra en la Figura 3.7., cuenta con 4 partes, primero está la decodificación de la señal del control remoto se verifica si hay señales infrarrojas decodificadas. Se filtran las señales repetidas usando un tiempo de debounce para evitar lecturas múltiples del mismo código.

Procesamiento de la entrada del infrarrojo, si se detecta un código IR válido, se pasa a la función “handleIRInput()” para procesar la entrada.

Control de tiempo de encendido de solenoides, verifica si ha expirado el tiempo de encendido programado para cada solenoide. Si ha pasado el tiempo necesario desde que se encendieron, se apagan.

Reinicio del índice de entrada: Se reinicia el índice de la secuencia de entrada si se excede el tiempo máximo entre ingresos “inputTimeout”.

Figura3.7. Loop principal de la programación Arduino

```
void loop() {
  if (irrecv.decode(&results)) {
    unsigned long currentTime = millis();

    // Filtrar las señales repetidas (0xFFFFFFFF)
    if (results.value != 0xFFFFFFFF) {
      if (results.value != lastValidCode || (currentTime - lastReceiveTime) > debounceDelay) {
        lastValidCode = results.value; // Almacenar el último código válido
        lastReceiveTime = currentTime; // Almacenar el tiempo de recepción
      } else {
        results.value = 0; // Invalidar el código si es una repetición dentro del debounce time
      }
    } else {
      results.value = 0; // Invalidar el código repetido
    }
  }

  if (results.value != 0) {
    handleIRInput(results.value);
  }

  irrecv.resume(); // Preparar el receptor para el siguiente valor
}

// Verificar si el tiempo de encendido del solenoide 1 ha expirado
if (solenoid1IsOn && millis() - solenoid1OnTime >= (solenoid1IsOn == 1 ? solenoid1ButtonDuration : solenoid1CodeDuration)) {
  digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, LOW); // Apagar el solenoide 1
  solenoid1IsOn = false;
  Serial.println("Solenoide 1 apagado.");
}

// Verificar si el tiempo de encendido del solenoide 2 ha expirado
if (solenoid2IsOn && millis() - solenoid2OnTime >= (solenoid2IsOn == 1 ? solenoid2ButtonDuration : solenoid2CodeDuration)) {
  digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, LOW); // Apagar el solenoide 2
  solenoid2IsOn = false;
  Serial.println("Solenoide 2 apagado.");
}

// Reiniciar el índice si el tiempo limite se excede
if (millis() - lastInputTime > inputTimeout && inputIndex > 0) {
  inputIndex = 0;
}
}
```

Fuente: Autores

Para el comando del circuito se usa la función “handleIRInput()” de la Figura 3.8., esencial para el funcionamiento del sistema controlado por el control remoto IR y el ingreso de códigos numéricos. Gestiona la activación de los dispositivos físicos (solenoides) y proporciona retroalimentación audible (buzzer) para las acciones realizadas por el usuario, asegurando que el sistema responda adecuadamente tanto a las entradas de botones del control remoto como a los códigos numéricos ingresados.

Primero se verifica que el sistema no esté bloqueado con “!systemLocked”, y para la activación del sistema se designó al botón 1 como el encargado de bloquear el sistema, activando los solenoides por los tiempos definidos, enciende el buzzer por un periodo de tiempo y el sistema se bloquea “systemLocked = true”

Figura 3.8. Manejo de entrada IR en la programación Arduino

```
void handleIRInput(unsigned long value) {
  if (!systemLocked && value == button1Code) {
    // Accionar solenoide 1 por 2 segundos y solenoide 2 por 3 segundos
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, HIGH);
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, HIGH);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Encender el buzzer
    delay(100); // Esperar 100 ms para el sonido del buzzer
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Apagar el buzzer
    solenoid1OnTime = millis();
    solenoid2OnTime = millis();
    solenoid1IsOn = 1; // Usar 1 para indicar que fue encendido por el botón 1
    solenoid2IsOn = 1;
    systemLocked = true; // Bloquear el sistema
    Serial.println("Botón 1 presionado, Solenoide 1 encendido por 2 segundos, Solenoide 2 encendido por 3 segundos. Sistema bloqueado.");
    return; // Salir de la función ya que no necesitamos procesar más
  }

  if (inputIndex < 4) { // Asegurar que no se ingresen más de 4 dígitos
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
      if (value == digitCodes[i]) {
        inputSequence[inputIndex] = i;
        inputIndex++;
        lastInputTime = millis(); // Actualizar el tiempo de la última entrada
        Serial.print("Input: ");
        Serial.println(i);
        // Sonido del buzzer para cada entrada
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(100); // Esperar 100 ms para el sonido del buzzer
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        break;
      }
    }
  }
}
```

Fuente: Autores

Para la verificación del código numérico de 4 dígitos de desbloqueo “inputIndex == 4” se usa la función “inputSequence”, que verifica si el código ingresado es el correcto “codeSequence”, utilizando la función “checkCode()”.

Si el código es correcto activa los solenoides por los tiempos definidos, adelanta el tiempo de encendido del solenoide 2 para que se apague primero, emite un sonido especial en el buzzer para indicar que el código es correcto y desbloquea el sistema “systemLocked = false”.

Si el código es incorrecto, apaga los solenoides y emite un patrón de sonido diferente en el buzzer para indicar que el código es incorrecto.

Figura 3.9. Verificación del código de bloqueo

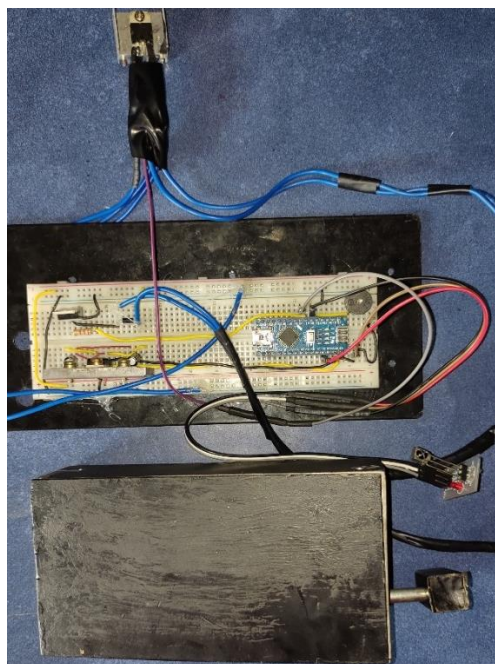
```
// Verificar si el código de 4 dígitos está completo
if (inputIndex == 4) {
  if (checkCode()) {
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, HIGH); // Encender el solenoide 1
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, HIGH); // Encender el solenoide 2
    solenoid1OnTime = millis(); // Guardar el tiempo en que se encendió el solenoide 1
    solenoid2OnTime = millis() + solenoid1CodeDuration - solenoid2CodeDuration; // Guardar el tiempo en que se encendió el solenoide 2
    solenoid1IsOn = 2; // Usar 2 para indicar que fue encendido por el código
    solenoid2IsOn = 2;
    // Sonido especial del buzzer para el código correcto
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    delay(1000); // sonido especial
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    Serial.println("Código correcto, Solenoide 1 encendido por 2 segundos, Solenoide 2 encendido por 1 segundo. Sistema desbloqueado.");
    systemLocked = false; // Desbloquear el sistema
  } else {
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, LOW); // Apagar el solenoide 1
    digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, LOW); // Apagar el solenoide 2
    solenoid1IsOn = false;
    solenoid2IsOn = false;
    Serial.println("Código incorrecto, Solenoide 1 y Solenoide 2 apagados.");
  }
  inputIndex = 0; // Reiniciar el índice después de verificar el código
}
}
```

Fuente: Autores

3.4 Prototipo Final

En la Figura 3.10., se muestra el prototipo final completamente armado y funcional del sistema de bloqueo del pedal de embrague, incluyendo su circuito eléctrico conectado con todos sus componentes. Este prototipo ha sido diseñado y ensamblado meticulosamente para garantizar su compatibilidad con las especificaciones técnicas y operativas requeridas.

Figura 3.10. Prototipo final del sistema de seguridad



Fuente: Autores

3.4.1 Instalación del sistema de seguridad electrónico

A continuación, se detallan los aspectos técnicos y el proceso de preparación para su instalación el tipo de vehículo y la ejecución de pruebas necesarias para asegurar resultados satisfactorios.

Tabla 3 Especificaciones del vehículo utilizado

Característica	Descripción
Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo Activo
Año	2011
Tipo de vehículo	Subcompacto
Motor	1.6L, 4 cilindros en línea
Potencia	103 hp @ 5800 rpm
Torque	107 lb-ft @ 4000 rpm
Transmisión	Manual de 5 velocidades / Automática de 4 velocidades
Tracción	Delantera (FWD)
Combustible	Gasolina
Consumo de combustible	12 km/l en ciudad, 17 km/l en carretera
Capacidad del tanque de gasolina	45 litros
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	3920 mm x 1680 mm x 1505 mm
Distancia entre ejes	2480 mm
Peso en vacío	1075 kg
Capacidad de carga	375 kg
Capacidad del maletero	220 litros
Suspensión delantera	Independiente tipo McPherson
Suspensión trasera	Semi-independiente con barra de torsión
Frenos	Discos ventilados delanteros, tambor traseros
Neumáticos	185/55 R15
Equipamiento de seguridad	Airbags frontales, frenos ABS, cinturones de seguridad de tres puntos, sistema de anclaje ISOFIX para asientos infantiles

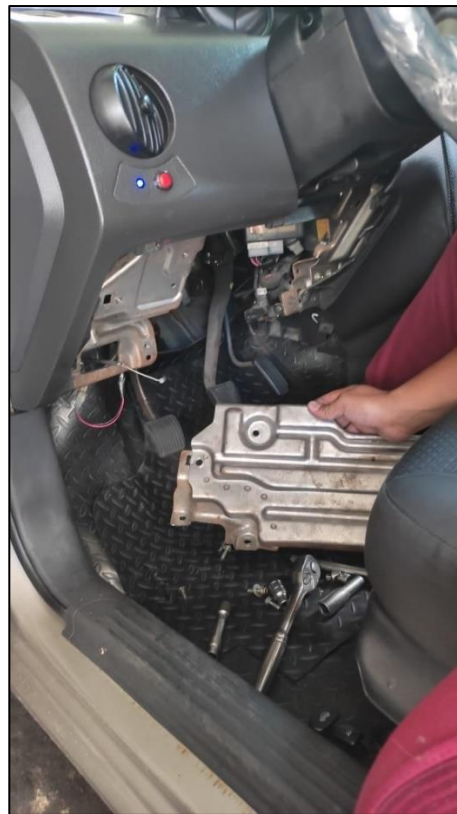
Fuente: Autores

3.4.1.1 Parte 1

Para la instalación del sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague, se requiere primero retirar la tapa de plástico y su protector metálico ubicados debajo del volante. Estos elementos son críticos ya que obstruyen la visibilidad y dificultan el acceso para la instalación precisa del sistema.

Una vez retirada la tapa de plástico y su protector metálico, se procede a acceder al área del pedal de embrague, donde se instalarán los componentes clave del sistema electrónico. Esta operación inicial es fundamental para asegurar que el sistema de bloqueo pueda ser instalado de manera segura y efectiva, sin obstáculos que interfieran con su funcionamiento adecuado.

Figura 3.11. Preparación para la instalación del sistema



Fuente: Autores

3.4.1.2 Parte 2

Se instala el sistema mecánico en la base principal del pedal de embrague, anclada a la carrocería del vehículo. Este sistema es discreto y difícil de detectar a simple vista.

Figura 3.12. Instalación del Sistema mecánico

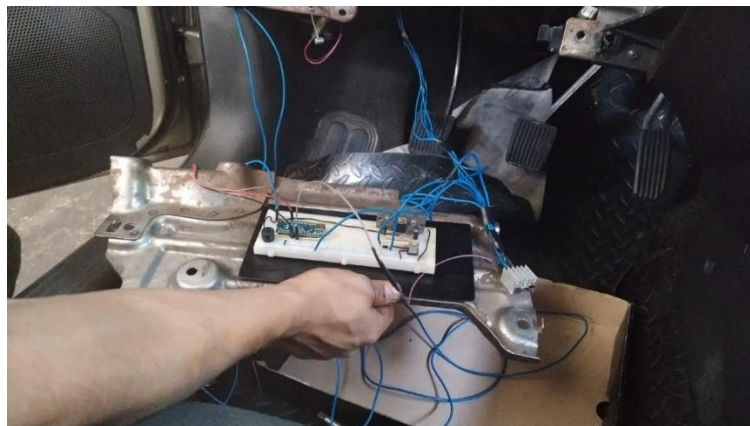


Fuente: Autores

3.4.1.3 Parte 3

El protector metálico facilita la instalación del sistema electrónico sin interferir con otros sistemas adyacentes. Una vez acoplado el sistema electrónico, se procede a rearmar las piezas previamente desacopladas del vehículo.

Figura 3.13. Instalación del sistema electrónico



Fuente: Autores

El sistema de seguridad de bloqueo del pedal ha sido finalizado con éxito, garantizando una instalación discreta y sin alteraciones visibles en el vehículo. Este diseño asegura que el mecanismo de seguridad sea prácticamente indetectable a simple vista, proporcionando una protección efectiva sin comprometer la estética ni la funcionalidad del automóvil.

Figura 3.14. Instalación completa del sistema de seguridad discreto



Fuente: Autores

CAPÍTULO 4

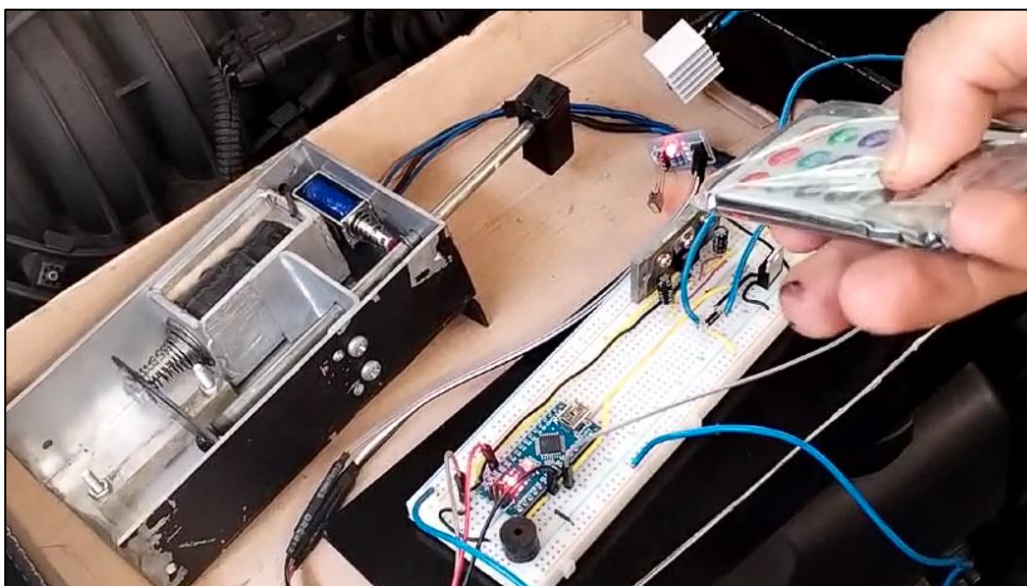
PRUEBAS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez se integró todos los componentes mecánicos y electrónicos, se verifica el estado de funcionamiento de los actuadores, haciendo una prueba de funcionalidad.

4.1 Pruebas de funcionamiento

Tal como se muestra en la Figura 4.1., el propósito de esta prueba es verificar la operatividad del mecanismo, el cual debe ser capaz de desplegar y retraer el bloque de forma precisa y dentro de los tiempos especificados. Esta evaluación se realiza repetidamente para asegurar la fiabilidad y correcto funcionamiento del sistema, garantizando así su efectividad operativa bajo condiciones normales y esperadas de uso.

Figura 4.1. Comprobación del funcionamiento del sistema de seguridad



Fuente: Autores

En el presente estudio, se consideró el tiempo operativo seguro de los solenoides junto con los transistores para evitar sobrecalentamiento y fallos. En la Tabla 3 detalla los tiempos máximos recomendados de uso para estos actuadores:

Tabla 4. Tiempo de funcionamiento antes de fallos

Componente	Condiciones de Prueba	Tiempo de Sobrecarga (min)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Comentarios
Solenoides 12V con TIP120	Corriente nominal	15	25	70	Operación segura hasta 15 minutos.
Solenoides 12V con STP80NF55-08	Corriente nominal	20	25	65	Funciona correctamente dentro de los 20 minutos.

Fuente: Autores

Según se detalla en la Tabla 3, ambos solenoides pueden funcionar a corriente nominal durante períodos no superiores a 15 minutos antes de experimentar sobrecalentamiento. Se ha optimizado el tiempo de activación de los solenoides para mantenerlos operativos por breves segundos, mitigando así el riesgo de sobrecalentamiento. Además, como medida de precaución, se han instalado disipadores de calor.

4.2 Pruebas de bloqueo y desbloqueo

Para verificar el bloqueo y desbloqueo del sistema de seguridad, se realizaron 15 pruebas documentadas en la Tabla 4, las cuales evaluaron la efectividad del sistema en diferentes escenarios:

Tabla 5. Pruebas de funcionamiento del sistema

ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN PRECISA DEL SISTEMA		
N°	SI	NO
1		X
2	X	
3		X
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8	X	
9	X	
10	X	
11	X	
12	X	
13	X	
14	X	
15	X	
TOTAL	13	2

Fuente: Autores

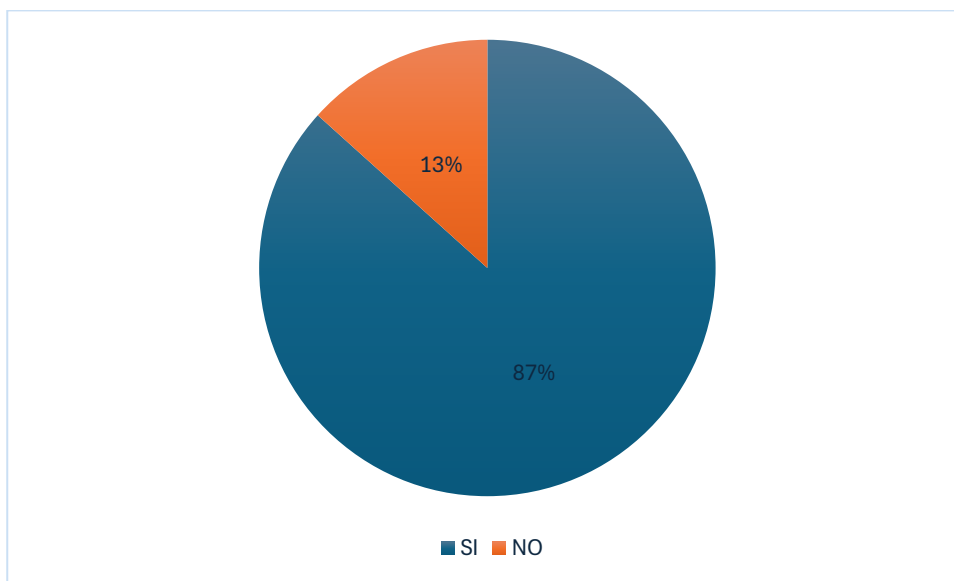
4.3 Análisis de efectividad

En 13 de cada 15 ciclos de prueba, el dispositivo completó exitosamente la operación de desplegar y retraer el bloque de manera precisa y dentro del tiempo requerido. Esto demuestra que el sistema puede operar de manera confiable y repetitiva en condiciones normales. Sin embargo, en 2 de cada 15 ciclos de prueba, el sistema experimentó dificultades para desplegar o retraer el bloque correctamente.

Basado en los datos de la prueba realizada para el sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague, tal como se muestra en la Figura 4.2., se observa que el sistema logró un funcionamiento efectivo en el 87% de las pruebas realizadas. Esto indica que el mecanismo de bloqueo y desbloqueo fue exitoso en la mayoría de los casos, asegurando la protección

del vehículo. Sin embargo, se registró una tasa del 13% de fallos, donde el sistema no logró realizar correctamente la función de bloqueo o desbloqueo. Estos resultados resaltan la importancia de seguir refinando el sistema para mejorar su confiabilidad y reducir la incidencia de errores durante su operación.

Figura 4.2. Porcentaje de efectividad del sistema de seguridad



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- El sistema demostró una efectividad del 87% en la ejecución exitosa de la operación de bloqueo y desbloqueo del pedal de embrague. Esto indica que, en la mayoría de los casos, el mecanismo cumplió con los requisitos de despliegue y retracción del bloque dentro de los tiempos especificados, funcionando de manera confiable bajo condiciones normales de operación.
- A pesar de la alta tasa de éxito, se registró un 13% de fallos durante las pruebas. Estos fallos pueden estar relacionados con dificultades para desplegar o retraer el bloque de manera precisa y oportuna. Es crucial destacar que se han implementado medidas preventivas como la optimización del tiempo de activación de los solenoides y la instalación de disipadores de calor para mitigar el riesgo de sobrecalentamiento, aspectos que han contribuido a mantener la operatividad del sistema en la mayoría de las pruebas.
- Los resultados subrayan la importancia de continuar refinando el diseño y el funcionamiento del sistema. Es fundamental identificar y abordar las causas subyacentes de los fallos observados para reducir aún más la incidencia de errores y mejorar la confiabilidad del sistema en su totalidad.
- Para asegurar la fiabilidad a largo plazo del sistema de bloqueo electrónico del pedal de embrague, se recomienda llevar a cabo pruebas adicionales bajo diversas condiciones operativas y continuar monitoreando el desempeño del sistema en el campo. Esto permitirá implementar ajustes necesarios y refinamientos que optimicen su funcionamiento y garanticen una protección efectiva del vehículo contra robos.

RECOMENDACIONES

- Considerando que el sistema experimentó un 13% de fallos en la operación de desplegar y retraer el bloque, es recomendable realizar un análisis detallado de los componentes del sistema, especialmente los solenoides y sus tiempos de activación. Se debería investigar la posibilidad de utilizar solenoides de mayor capacidad térmica o implementar tecnologías que mejoren la eficiencia en la operación, como solenoides de respuesta más rápida o sistemas de gestión térmica avanzados.
- Es fundamental extender las pruebas del sistema a una variedad más amplia de condiciones operativas que puedan simular situaciones extremas o inesperadas. Esto incluiría pruebas en condiciones de temperatura ambiental más elevada o baja, así como evaluaciones de la respuesta del sistema ante vibraciones intensas o fluctuaciones en el suministro eléctrico.
- Considerar el uso de shields y módulos específicos para Arduino que puedan mejorar las capacidades del sistema, como módulos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, Bluetooth o WiFi) para facilitar la supervisión remota del sistema o la implementación de actualizaciones de firmware de manera más eficiente.
- Asegurarse de que el hardware utilizado esté adecuadamente protegido contra sobretensiones, cortocircuitos y otros posibles daños. Esto puede incluir el uso de diodos de protección, fusibles adecuados y la disposición física de los componentes para minimizar interferencias electromagnéticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- *¿Qué es un actuador lineal?* (s/f). Firgelli Automations. Recuperado el 18 de junio de 2024, de <https://www.firgelliauto.com/es/pages/what-is-a-linear-actuator>
- Alba, R. V., & Molina, P. J. (2013). Diseño y Construcción de un Electroimán Tipo Solenoide. *Conciencia Tecnológica*, (46), 48-51.
- Amarul, T., Azairi, WMHWN, Ismalina, HN y Zulfabli, HM. Diseño y desarrollo de un sistema de seguimiento automático por GPS utilizando Arduino.
- Curva, E. (2023). *La siniestralidad por robo de vehículos aumenta, según las aseguradoras*. encurva.com. <https://encurva.com/noticia/el-robo-de-autos-crecio-en-el-primer-semester-de-2023>
- Elecinh. (2018 4). *Elementos eléctricos de control industrial*. Blogspot.com. <https://elecinh.blogspot.com/2018/04/solenoides.html>
- El-Telégrafo. (26 de septiembre de 2023). El número de robos de carros y motos se duplicó en Ecuador, ¿cómo combatir este delito? <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/actualidad/44/en-tres-anos-el-numero-de-robos-de-vehiculos-y-motos-ha-subido-en-ecuador>
- Espín Fernández, P. J. (2023). Diseño de un sistema antirrobo para vehículos mediante piezas de fundición (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Espinoza Vélez, C. O. (2007). Sistema antirrobo vehicular mediante el mando a distancia del encendido eléctrico (Bachelor's thesis).
- *Facts + statistics: Auto theft*. (2023). Iii.org. <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-auto-theft>
- Fernández, Y. (2022, septiembre 23). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Fiscalía-General-del-Estado-(SFG). (2023). Analítica cifras de robo. <https://www.fiscalia.gob.ec/analitica-cifras-de-robo/>
- Franco, P. T. (2023, agosto 10). *Robo de vehículos deja pérdida técnica de \$ 10 millones hasta julio a las aseguradoras, por lo que ahora excluyen modelos y marcas de sus servicios*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/robo-de-vehiculos-deja-perdida-tecnica-de-10-millones-hasta-julio-a-las-aseguradoras-por-lo-que-ahora-excluyen-modelos-y-marcas-de-sus-servicios-nota/>
- Gómez, E. A. (2020). Sistema antirrobo para automóvil activado por vacío del motor del vehículo.

- Horowitz, E., Sahni, S., & Rajasekaran, S. (1997). *Computer algorithms C++: C++ and pseudocode versions*. Macmillan.
- Ingeniosos [@Ingeniosos10]. (2020, noviembre 22). *CAMPO MAGNETICO creado por un SOLENOIDE (Y un TOROIDE) Ley de AMPÈRE !!!* Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=erCRYhfuYs8>
- *Las cifras de robo a vehículos en Ecuador durante el primer semestre de 2023*. (2023, agosto 4). Ecuavisa. <https://www.ecuavisa.com/noticias/ecuador/cifras-robo-vehiculos-ecuador-2023-BF5700737>
- Moya-Rodríguez, J. L., Becerra-Ferreiro, A. M., & Chagoyén-Méndez, C. A. (2012). Utilización de Sistemas Basados en Reglas y en Casos para diseñar transmisiones por tornillo sinfín. *Ingeniería Mecánica*, 15(1), 01-09.
- Mueller, B. (2023, abril 26). *The economic consequences of increased motor vehicle theft rates*. Common Sense Institute. <https://commonsenseinstitute.org/motor-vehicle-theft/>
- Muñoz Llamuca, Fabián Gregorio; Torres Torres, Víctor Steven (2017). Diseño y construcción de inductores de baja potencia de fabricación nacional aplicada en valvulas solenoides. Trabajo final para la obtención del título: Ing. Mecánico. Espol FIMCP, Guayaquil. 82
- Platt, Charles, *Encyclopedia of Electronics Components. Power Sources & Conversion*, Volume I, O'Reilly Media Inc., U.S.A., Pages 173-177.
- Proaño Villagómez, J. C. (2012). Plan de organización y participación ciudadana del gobierno local para la seguridad del sector la mariscal del Distrito Metropolitano de Quito.
- Pujols, (2017, Julio) MIP Control remoto infrarrojo táctil y ajustable, con interfaz de ajustes vía PC.
- Quillupangui, S. (2022, enero 29). *El delito del robo de vehículos se incrementó 20% en 2021*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/delito-robo-vehiculos-delincuencia-victimas.html>
- Soto Caballero, B. I., Duarte Benítez, J. R., & Ayala Díaz, K. A. (2019). Implementación de prototipo de sistema de control antirrobo de vehículo mediante hardware y software libres (Doctoral dissertation, Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este).
- Stroustrup, B. (1986, June). An overview of C++. In *Proceedings of the 1986 SIGPLAN workshop on Object-oriented programming* (pp. 7-18).
- TORO, D., OLMEDA, E., SOLANA, M. G., & DIAZ, V. (2019). Análisis ergonómico de la posición de conducción centrado en el pedal de embrague. *DYNA*, 94(5), 502-506.

- Triawan, Y. y Sardi, J. (2020). Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Microcontrolador Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1 (2), 76-83.
- *Tutorial Arduino y control remoto Infrarrojo*. (2016). Naylamp Mechatronics - Perú. https://naylampmechatronics.com/blog/36_tutorial-arduino-y-control-remoto-infrarrojo.html
- Villamarin Cargua, Edison Fabricio (2021). Análisis de un sistema de seguridad vehicular antirrobo, mediante un sistema de bloqueo aplicado a los pedales del vehículo. Carrera de Ingeniería Automotriz. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Extensión Latacunga.
- Xataka [@XatakaTV]. (2020, agosto 2). *ARDUINO: QUÉ ES, CÓMO FUNCIONA y PARA QUÉ se puede UTILIZAR*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Zs9MZosVuqo>

ANEXOS.

Anexo 1. Código fuente utilizado en el sistema de seguridad

```
#include <IRremote.h>

const int RECV_PIN = 3;          // Infrarrojo
const int SOLENOID_PIN_1 = 4;    // Solenoide pequeño
const int SOLENOID_PIN_2 = 5;    // Solenoide grande
const int BUZZER_PIN = 2;        // Chicharra

IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;

unsigned long digitCodes[] = {0xFF30CF, 0xFF18E7, 0xFF7A85, 0xFF10EF, //
1, 2, 3, 4
                                0xFF38C7, 0xFF5AA5, 0xFF42BD, 0xFF4AB5, //
5, 6, 7, 8
                                0xFF52AD, 0xFF629D}; //
9, 0

unsigned long button1Code = 0xFF30CF; // Código botón 1

int codeSequence[4] = {1, 1, 1, 1}; // Código correcto
int inputSequence[4];
int inputIndex = 0;
unsigned long lastInputTime = 0;
const unsigned long inputTimeout = 5000; // 5 segundos de tiempo máximo
entre entradas
unsigned long lastValidCode = 0;
unsigned long lastReceiveTime = 0;
const unsigned long debounceDelay = 300; // 300 ms de tiempo de debounce

unsigned long solenoid1OnTime = 0; // Tiempo en el que se
encendió el solenoide 1
unsigned long solenoid2OnTime = 0; // Tiempo en el que se
encendió el solenoide 2
// tiempo de duracion de cada solenoide en etapa de bloqueo
const unsigned long solenoid1Button1Duration = 2000; // 2 segundos
const unsigned long solenoid2Button1Duration = 3000; // 3 segundos
// tiempo de duracion de cada solenoide en etapa de desbloqueo
const unsigned long solenoid1CodeDuration = 2000; // 2 segundos
const unsigned long solenoid2CodeDuration = 1000; // 1 segundo

bool solenoid1IsOn = false; // Estado del solenoide 1
bool solenoid2IsOn = false; // Estado del solenoide 2
bool systemLocked = false; // Estado del sistema
(bloqueado/desbloqueado)

void setup() {
  pinMode(SOLENOID_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(SOLENOID_PIN_2, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  //Componentes se inician apagados
  digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, LOW);
  digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, LOW);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}
```

```

    Serial.begin(9600);
    irrecv.enableIRIn(); // Iniciar el receptor
}

void loop() {
    if (irrecv.decode(&results)) {
        unsigned long currentTime = millis();

        // Filtrar las señales repetidas (0xFFFFFFFF)
        if (results.value != 0xFFFFFFFF) {
            if (results.value != lastValidCode || (currentTime -
lastReceiveTime) > debounceDelay) {
                lastValidCode = results.value;
                lastReceiveTime = currentTime;
            } else {
                results.value = 0;
            }
        } else {
            results.value = 0;
        }

        if (results.value != 0) {
            handleIRInput(results.value);
        }

        irrecv.resume();
    }

    // Verificar si el tiempo de encendido del solenoide 1 ha expirado
    if (solenoid1IsOn && millis() - solenoid1OnTime >= (solenoid1IsOn == 1
? solenoid1Button1Duration : solenoid1CodeDuration)) {
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, LOW);
        solenoid1IsOn = false;
        Serial.println("Solenoide 1 apagado.");
    }

    // Verificar si el tiempo de encendido del solenoide 2 ha expirado
    if (solenoid2IsOn && millis() - solenoid2OnTime >= (solenoid2IsOn == 1
? solenoid2Button1Duration : solenoid2CodeDuration)) {
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, LOW);
        solenoid2IsOn = false;
        Serial.println("Solenoide 2 apagado.");
    }

    // Reiniciar el índice si el tiempo límite se excede
    if (millis() - lastInputTime > inputTimeout && inputIndex > 0) {
        inputIndex = 0;
    }
}

void handleIRInput(unsigned long value) {
    if (!systemLocked && value == button1Code) {
        // Accionar solenoide 1 por 2 segundos y solenoide 2 por 3 segundos
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, HIGH);
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, HIGH);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        solenoid1OnTime = millis();
    }
}

```



```

    solenoid2OnTime = millis();
    solenoid1IsOn = 1;
    solenoid2IsOn = 1;
    systemLocked = true;
    Serial.println("Botón 1 presionado, Solenoide 1 encendido por 2
segundos, Solenoide 2 encendido por 3 segundos. Sistema bloqueado.");
    return;
}

if (inputIndex < 4) { // Asegurar que no se ingresen más de 4 dígitos
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        if (value == digitCodes[i]) {
            inputSequence[inputIndex] = i;
            inputIndex++;
            lastInputTime = millis();
            Serial.print("Input: ");
            Serial.println(i);

            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
            delay(100);
            digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
            break;
        }
    }
}

// Verificar si el código de 4 dígitos está completo
if (inputIndex == 4) {
    if (checkCode()) {
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, HIGH);
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, HIGH);
        solenoid1OnTime = millis();
        solenoid2OnTime = millis() + solenoid1CodeDuration -
solenoid2CodeDuration;
        solenoid1IsOn = 2;
        solenoid2IsOn = 2;
        // Sonido especial del buzzer para el código correcto
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        Serial.println("Código correcto, Solenoide 1 encendido por 2
segundos, Solenoide 2 encendido por 1 segundo. Sistema desbloqueado.");
        systemLocked = false;
    } else {
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_1, LOW);
        digitalWrite(SOLENOID_PIN_2, LOW);
        solenoid1IsOn = false;
        solenoid2IsOn = false;
        Serial.println("Código incorrecto, Solenoide 1 y Solenoide 2
apagados.");
    }
    inputIndex = 0;
}
}

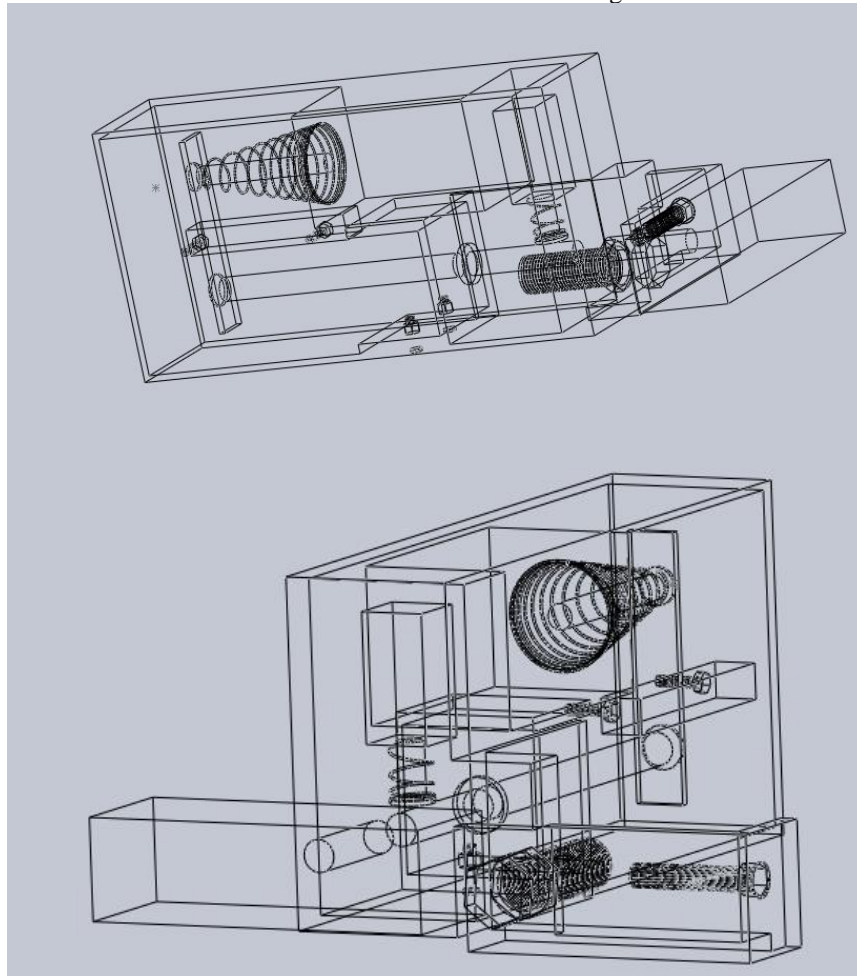
bool checkCode() {
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        if (inputSequence[i] != codeSequence[i]) {
            return false;
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
  return true;  
}
```

Anexo 2. Capturas del proceso de diseño

Anexo 2. Visualización del sistema de seguridad en 2D



Fuente: Autores

Anexo 3. Fotos del proceso de construcción

Anexo 3. Toma de medidas y recortes para el ensamblaje del sistema



Fuente: Autores

Anexo 4. Ensamblaje de un Sistema de Seguridad con Solenoides en Proceso



Fuente: Autores

Anexo 5. Ensamblaje total del sistema de seguridad



Fuente: Autores

Anexo 4. Fotos del proceso de instalación

Anexo 6. Proceso de preparación e instalación del sistema.



Fuente: Autores