



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UN VOLKSWAGEN BEETLE CLÁSICO
MEDIANTE EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN ARNÉS ELÉCTRICO
EFICIENTE Y FUNCIONAL**

Realizado por:

Quespaz Gómez Jhoann Adrian

Director del proyecto:

MSc. María Gabriela Mancheno Falconi.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO EN MECATRONICA

QUITO, 25 de Junio del 2025

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Quespaz Gomez Jhoann Adrian, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1724143720, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Quespaz Gómez Jhoann Adrian

C.I.: 1724143720

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Director de proyecto

MSc. María Gabriela Mancheno Falconi

LOS PROFESORES INFORMANTES:

MSc. Diana Belen Peralta Zurita

PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa
oral ante el tribunal examinador.

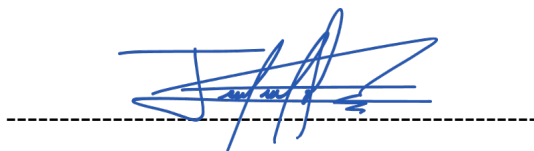
MSc. Diana Belen Peralta Zurita

PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Quito, 2 de Junio de 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal dashed line. The signature is stylized and appears to be the name of the student.

Quespaz Gómez Jhoann Adrian

C.I.: 1724143720

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han sido fundamentales en la culminación de este trabajo.

A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe inquebrantable en mí. Su dedicación y esfuerzo han sido mi mayor inspiración para seguir adelante.

A mi padre, por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo, la perseverancia y la disciplina. Su respaldo y consejos han sido esenciales en mi formación.

A mi hermana, por ser mi compañera en cada etapa de la vida, por su ánimo y por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mis profesores, quienes con su conocimiento, paciencia y guía han enriquecido mi aprendizaje y han sido pilares fundamentales en mi desarrollo académico y profesional.

A todos ellos, mi más sincera gratitud por haber formado parte de este camino que hoy concluye con éxito.

Resumen

La presente investigación se centra en la optimización del consumo energético en vehículos clásicos, tomando como caso de estudio un Volkswagen Beetle, cuyo sistema eléctrico original presenta deficiencias asociadas al uso de componentes obsoletos y una distribución ineficiente de la energía. El objetivo general consiste en diseñar, fabricar y evaluar un arnés eléctrico mejorado, conforme a los estándares establecidos por la norma ISO 6722, con el fin de aumentar la eficiencia del sistema eléctrico del vehículo. Para alcanzar este propósito, se realizó un diagnóstico exhaustivo del cableado existente, identificando puntos críticos de pérdida energética, seguido por la selección de materiales adecuados y el desarrollo de un nuevo prototipo de arnés eléctrico. Este fue fabricado mediante procesos estandarizados y posteriormente sometido a pruebas comparativas bajo condiciones operativas controladas, que permitieron evaluar su desempeño frente al sistema original. Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en la eficiencia energética, con una reducción de pérdidas eléctricas y un aumento del 20 % en el rendimiento global del sistema. En conclusión, la aplicación de estándares modernos en la restauración de vehículos clásicos demuestra ser una estrategia efectiva para mejorar su funcionalidad y prolongar su vida útil.

Palabras clave: Optimización energética, Arnés eléctrico, Eficiencia, Cableado automotriz, Diagnóstico eléctrico.

Abstract

This research focuses on optimizing energy consumption in classic vehicles, using a Volkswagen Beetle as a case study. The vehicle's original electrical system shows deficiencies due to the use of outdated components and inefficient energy distribution. The general objective is to design, manufacture, and evaluate an improved wiring harness in accordance with the standards established by ISO 6722, in order to increase the efficiency of the vehicle's electrical system. To achieve this goal, a thorough diagnosis of the existing wiring was carried out, identifying critical points of energy loss, followed by the selection of suitable materials and the development of a new prototype wiring harness. This harness was manufactured using standardized processes and then subjected to comparative testing under controlled operating conditions to evaluate its performance against the original system. The results show a significant improvement in energy efficiency, with a reduction in electrical losses and a 20% increase in the overall performance of the system. In conclusion, the application of modern standards in the restoration of classic vehicles proves to be an effective strategy to enhance their functionality and extend their operational life.

Keywords: Energy optimization, Electrical harness, Efficiency, Automotive wiring, Electrical diagnosis.

Tabla de Contenidos

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE	5
Introducción	1
Antecedentes	2
Historia y relevancia del modelo en la industria automotriz	2
Principales características técnicas del sistema eléctrico original	4
Limitaciones funcionales	8
Comparativa con sistemas modernos.....	10
Planteamiento del Problema	14
Justificación	15
Hipótesis	17
Estado del arte.....	18
Diagnóstico de Sistemas Eléctricos en Vehículos	18
Inspección visual.....	18
Pruebas de continuidad	20
Pruebas de consumo eléctrico.....	22
Eficiencia energética.....	24
Normativa y Regulaciones para el Diseño del Ramal Eléctrico	34
Normas SAE	35
Norma ISO 6722	35
Norma ISO 14572	37
Comparación de Normas para Cables Automotrices	37

	10
Beneficios y limitaciones de las normas ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128	39
Cables y conductores	42
El cable.....	42
Composición de los conductores	42
Alma o elemento conductor	43
Aislante eléctrico	43
Cubiertas protectoras	44
Resistividad.....	44
Características del conductor eléctrico según la norma ISO 6722	45
Rango de temperatura en los cables.....	45
Tipo de material	47
Tamaño del cable	48
Cálculos Eléctricos en la Restauración	49
Cálculo de la sección del conductor.....	49
Calcular la caída de tensión admisible (U_0)	50
Calcular la sección del conductor (S)	51
Protección de circuitos con fusibles.....	53
Metodología	56
Enfoque de la Investigación.....	56
Diagnóstico del Sistema Eléctrico Actual.....	58
Sistema de Encendido	59
Sistema de Iluminación.....	67
Sistema de Accesorios	74

	11
Diseño del sistema eléctrico.....	84
Resultados.....	96
Sistema de Encendido	96
Sistema de Iluminación.....	100
Discusión de Resultados	111
Análisis del sistema de encendido	112
Análisis del sistema de iluminación.....	114
Análisis del sistema de accesorios	116
Conclusiones	120
Recomendaciones	124
Lista de referencias	126
Anexos	132

Lista de tablas

Tabla 1 Limitaciones funcionales del sistema	9
Tabla 2 Comparativa con sistemas modernos.....	10
Tabla 3 Pasos para Realizar una Inspección Visual de un Sistema de Cableado	19
Tabla 4 Pasos para Realizar Pruebas de Continuidad	22
Tabla 5 Procedimiento para la Medición de Corriente con Pinza Amperimétrica	24
Tabla 6 Elementos del sistema de carga	33
Tabla 7 Comparación de Normas Internacionales para Cables Automotrices.....	37
Tabla 8 Beneficios y Limitaciones de las Normas de Cableado Automotriz (ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128)	40
Tabla 9 Clases de temperatura para cables automotrices.....	46
Tabla 10 Especificaciones de conductores.....	47
Tabla 11 Especificaciones de sección, número de hilos y diámetro exterior de cables.....	49
Tabla 12 Relación entre sección del conductor, corriente máxima admisible y densidad de corriente	52
Tabla 13 Elementos del sistema de encendido.....	59
Tabla 14 Pasos y descripciones para la inspección del sistema de encendido.....	62
Tabla 15 Procedimiento para la Prueba de Continuidad Eléctrica con Multímetro.....	64
Tabla 16 Procedimiento para medir el consumo de corriente en el sistema de arranque	65
Tabla 17 Componentes del sistema de iluminación y sus funciones	68
Tabla 18 Procedimiento para inspeccionar el sistema de iluminación del vehículo	69
Tabla 19 Procedimiento para verificar la continuidad eléctrica en el sistema de iluminación ...	71
Tabla 20 Procedimiento para medir el consumo eléctrico del sistema de iluminación	72

	13
Tabla 21 Componentes auxiliares del sistema eléctrico del vehículo y sus funciones	74
Tabla 22 Inspección visual del sistema de accesorios	75
Tabla 23 Diagnostico de continuidad del sistema de accesorios	76
Tabla 24 Consumo eléctrico del sistema de accesorios	77
Tabla 25 Elementos del sistema de carga del vehículo.....	79
Tabla 26 Inspección visual del sistema de carga	81
Tabla 27 Pruebas de continuidad del sistema de carga.....	82
Tabla 28 Prueba de consumo eléctrico del sistema de carga	83
Tabla 29 Proceso de implementación del ramal eléctrico.....	91
Tabla 30 Comparativa de consumos entre arnés antiguo y optimizado.....	96
Tabla 31 Comparación de Consumos Totales en Configuraciones de Arnés Antiguo y Optimizado, con el Motor Apagado y en Funcionamiento.....	101
Tabla 32 Consumo eléctrico del radio del automóvil	105
Tabla 33 Consumo eléctrico del limpiaparabrisas	108

Lista de diagramas

Diagrama 1	Diagrama eléctrico Volkswagen 1960	7
Diagrama 2	Diagrama de procesos	57
Diagrama 3	Diagrama eléctrico del sistema de encendido	86
Diagrama 4	Diagrama eléctrico del sistema de iluminación	87
Diagrama 5	Diagrama implementado del sistema eléctrico de iluminación	88
Diagrama 6	Diagrama en funcionamiento de las luces de parqueo	89
Diagrama 7	Funcionamiento de las luces de freno	90
Diagrama 8	funcionamiento de las luces de retro	91

Lista de figuras

Figura 1 Volkswagen Beetle.....	2
Figura 2 Motor Volkswagen Escarabajo	3
Figura 3. Volkswagen Beetle.....	4
Figura 4. Caja de fusibles del Volkswagen Beetle clásico	5
Figura 5 Incorporación de sistemas con alternador	8
Figura 6. Evolución de las prestaciones de los vehículos.....	12
Figura 7. La innovación y el desarrollo de las funciones electrónicas en los automóviles	13
Figura 8 Inspección visual de conectores	19
Figura 9 Lampara de pruebas.....	21
Figura 10 Pinza amperimétrica	23
Figura 11 Instalación del motor de arranque en el vehículo.....	25
Figura 12 Replantación del mapa de lámparas de un vehículo.....	27
Figura 13 Motor limpiaparabrisas.....	28
Figura 14 Limpiaparabrisas	29
Figura 15 Representación del mapa del equipo de sonido.....	30
Figura 16 Elementos de un equipo de sonido	31
Figura 17 Esquema del circuito de carga.....	32
Figura 20 Comparación entre los estándares ISO 6722 y ISO 14572 para cables automotrices	36
Figura 21 Clasificación de cables y conductores.....	42
Figura 22 Estructura de un cable conductor con sus componentes principales.....	43
Figura 23 cable flexible	48
Figura 24 Circuito eléctrico protegido con fusible	54

	16
Figura 25 Ubicación de los elementos del sistema de encendido	61
Figura 26 Ubicación de los elementos del sistema de luces	69
Figura 27 Ubicación de los elementos del sistema de accesorios del vehículo	75
Figura 28 Elementos situados en el vehículo.....	80
Figura 29 Comparación del consumo neto de corriente entre el arnés antiguo y el arnés optimizado.....	99
Figura 30 Comparación del consumo en posición de contacto entre el arnés antiguo y el arnés optimizado.....	100
Figura 31 Promedio de Consumo Total (En Funcionamiento).....	103
Figura 32 Promedio de Consumo Total (Motor Apagado).....	104
Figura 33 Dispersión del Consumo Eléctrico del Sistema de Radio del sistema de accesorios	107
Figura 34 Consumo eléctrico del sistema de limpiaparabrisas bajo diferentes condiciones de funcionamiento y configuraciones del arnés eléctrico.....	110
Figura 35 Comparación del Consumo de Energía en el Sistema de Encendido: Arnés Antiguo vs. Arnés Optimizado.....	114
Figura 36 Comparación del Consumo de Energía del Sistema de Iluminación en Configuraciones Antiguas y Optimizadas	116
Figura 37 Comparación del consumo eléctrico del limpiaparabrisas (motor apagado vs. en funcionamiento) con arnés antiguo y optimizado	117
Figura 38 Comparación del consumo eléctrico del radio (motor apagado vs. en funcionamiento) con arnés antiguo y arnés optimizado	119

Lista de ecuaciones

Ec 1 Ecuación de la resistencia eléctrica	44
Ec 2 Ecuación de la resistencia eléctrica de la conductividad, longitud y área transversal.....	45
Ec 3 Ecuación de la intensidad de corriente en función del trabajo y la tensión	50
Ec 4 ecuación de la Ley de Ohm	50
Ec 5 Relación matemática para calcular la resistencia eléctrica	51
Ec 6 Ecuación para determinar el área transversal a partir de la Ley de Ohm y la resistividad ...	51
Ec 7 Ecuación para el calor generado en un conductor eléctrico.....	54

Lista de anexos

Anexo 1	Diagrama eléctrico del sistema de encendido	132
Anexo 2	Sistema de encendido en el vehículo	133
Anexo 3	Diagrama eléctrico del sistema de iluminación	134
Anexo 4	Sistema de iluminación en el vehículo.....	135
Anexo 5	Diagrama del sistema de accesorios.....	136
Anexo 6	Sistema de accesorios en el vehículo	137
Anexo 7	diagrama del Alternador.....	138
Anexo 8	Sistema de carga en el vehiculo	139
Anexo 9	Desmontaje del arnés antiguo	140
Anexo 10	Desconexión de faros.....	140
Anexo 11	Diagrama eléctrico en el tablero	141
Anexo 12	Sección del diagrama de control en el tablero	141
Anexo 13	Conexión de fusiblera	142
Anexo 14	Conexión faros delanteros.....	142
Anexo 15	Diagrama terminado.....	143

Introducción

La restauración del Volkswagen Beetle clásico implica actualizar su sistema eléctrico, preservando su autenticidad y mejorando su funcionalidad, debido a que estos vehículos suelen tener sistemas eléctricos ambiguos, es fundamental desarrollar un ramal eléctrico que combine componentes originales y modernos, manteniendo la seguridad y cumpliendo con la norma ISO 6722 para cables automotrices (Rodríguez Hernández, 2016). Este proyecto busca optimizar el sistema eléctrico sin comprometer el diseño del vehículo, respondiendo a la demanda de restauraciones eficientes y seguras.

El análisis del sistema eléctrico del Volkswagen Beetle clásico **Figura 1** es fundamental para detectar componentes que estén desgastados u obsoletos, los cuales pueden comprometer su funcionamiento, por lo tanto, este procedimiento incluye varias técnicas lo que permite evaluar su estado operativo actual. Tal como se menciona, "un adecuado dimensionamiento eléctrico asegura un suministro eficiente y seguro al considerar aspectos como la corriente, la longitud y el tipo de cable empleado" (Torres Cunalata, 2023).

Comparar la eficiencia energética entre el sistema eléctrico original y el optimizado ofrece una base científica para respaldar las mejoras realizadas, pues es fundamental llevar a cabo las pruebas en condiciones reales, dado que "la caída de voltaje y el consumo de energía son elementos esenciales al analizar la eficiencia de un sistema eléctrico" (Aidid, 2024). Este estudio permite evidenciar cómo el sistema actualizado responde a las necesidades del vehículo y optimiza su rendimiento operativo.

El enfoque metodológico abarca el diseño de un esquema eléctrico que integre tecnologías actuales, la fabricación del ramal con materiales certificados y su evaluación en condiciones reales, por lo que contribuirá a la preservación de su valor histórico y a la sostenibilidad al prolongar su vida útil, reduciendo la necesidad de fabricar nuevos vehículos y minimizando el impacto ambiental (El Universal, 2023).

Antecedentes

Historia y relevancia del modelo en la industria automotriz

Figura 1

Volkswagen Beetle



(Volkswagen Group, 2022)

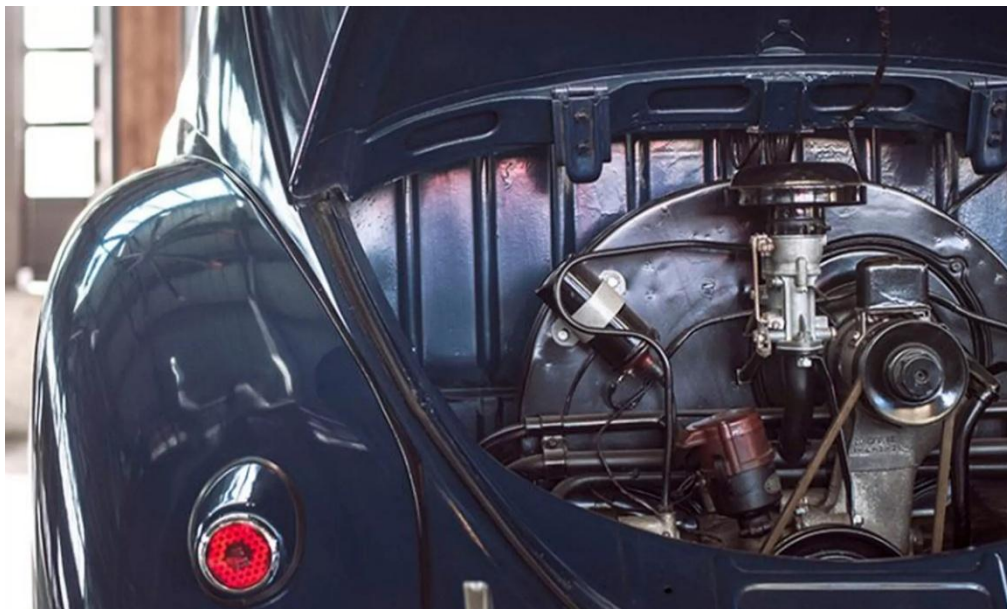
El Volkswagen Beetle, llamado "Escarabajo" o "Vocho" en varios países, es considerado uno de los automóviles más icónicos de todos los tiempos. Su creación data de 1938, cuando fue desarrollado bajo el nombre "KdF Wagen" (Kraft durch Freude Wagen), que se traduce como "vehículo de la fuerza mediante la alegría". Este automóvil

fue diseñado con el objetivo de ser económico y funcional, brindando a las familias alemanas la oportunidad de contar con un medio de transporte propio y accesible. (Victor Delgado, 2019).

Aunque en sus inicios estuvo relacionado con la Alemania de la Segunda Guerra Mundial, este clásico evolucionó para transformarse en un ícono de la paz y la contracultura en las décadas de 1960 y 1970, ya que, de acuerdo con Volkswagen, "su diseño curvo no solo representaba una innovación, sino que también ofrecía aerodinámica y funcionalidad **Figura 2**, factores clave en su éxito a nivel mundial" (Volkswagen Group, 2022).

Figura 2

Motor Volkswagen Escarabajo



(Volkswagen Group, 2022)

La preservación de vehículos clásicos no es solo un tributo al pasado ya que no solo representan joyas de la historia automovilística, sino que son un testimonio viviente del desarrollo de la ingeniería y del diseño mecánico que han impulsado la movilidad. El Volkswagen Beetle clásico **Figura 3** fue una maravilla técnica para su época. Equipado con un motor bóxer de cuatro cilindros refrigerado por aire, su diseño simple y eficiente sentó las bases de muchos desarrollos mecánicos posteriores. (*Porsche 356 - Porsche América Latina*, 2024).

Figura 3.

Volkswagen Beetle.



Fuente: (*Porsche 356 - Porsche América Latina*, 2024)

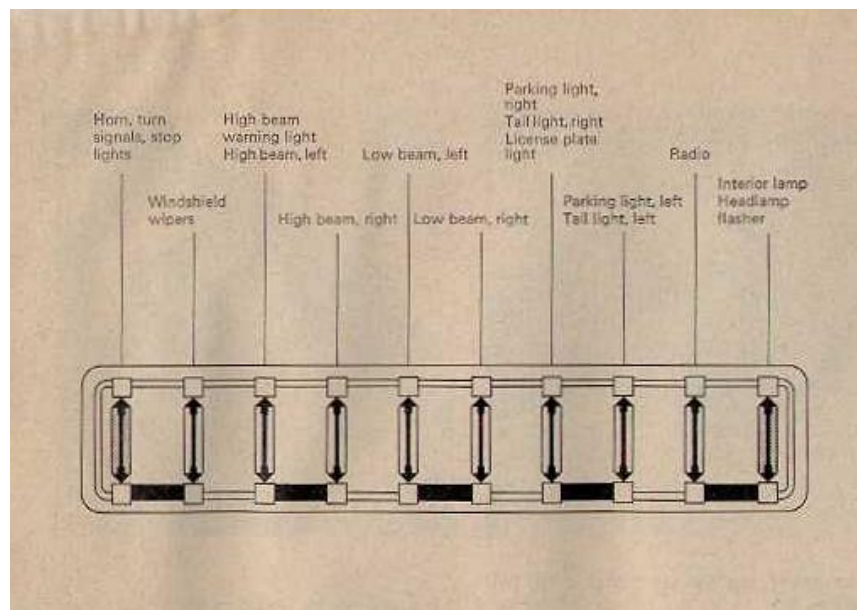
Principales características técnicas del sistema eléctrico original

El arnés eléctrico automotriz, responsable de la distribución de energía en todo el vehículo, es una de las áreas más complejas en la restauración de automóviles clásicos.

El proceso de restauración de estos arneses eléctricos requiere una comprensión detallada de los sistemas eléctricos históricos y su comparación con las soluciones modernas. Como señala Campos García (2023), "El estudio de los vehículos históricos permite a los estudiantes aplicar teorías de diseño, mecánica y electrónica en contextos prácticos" (p. 11) Esto es especialmente relevante para los ingenieros que, al trabajar con vehículos clásicos, tienen la oportunidad de rediseñar o replicar sistemas eléctricos antiguos utilizando tecnologías actuales **Figura 4**, como herramientas de diagnóstico eléctrico y simulaciones digitales para probar la funcionalidad del sistema restaurado.

Figura 4.

Caja de fusibles del Volkswagen Beetle clásico



(Volkswagen Manual, 1966)

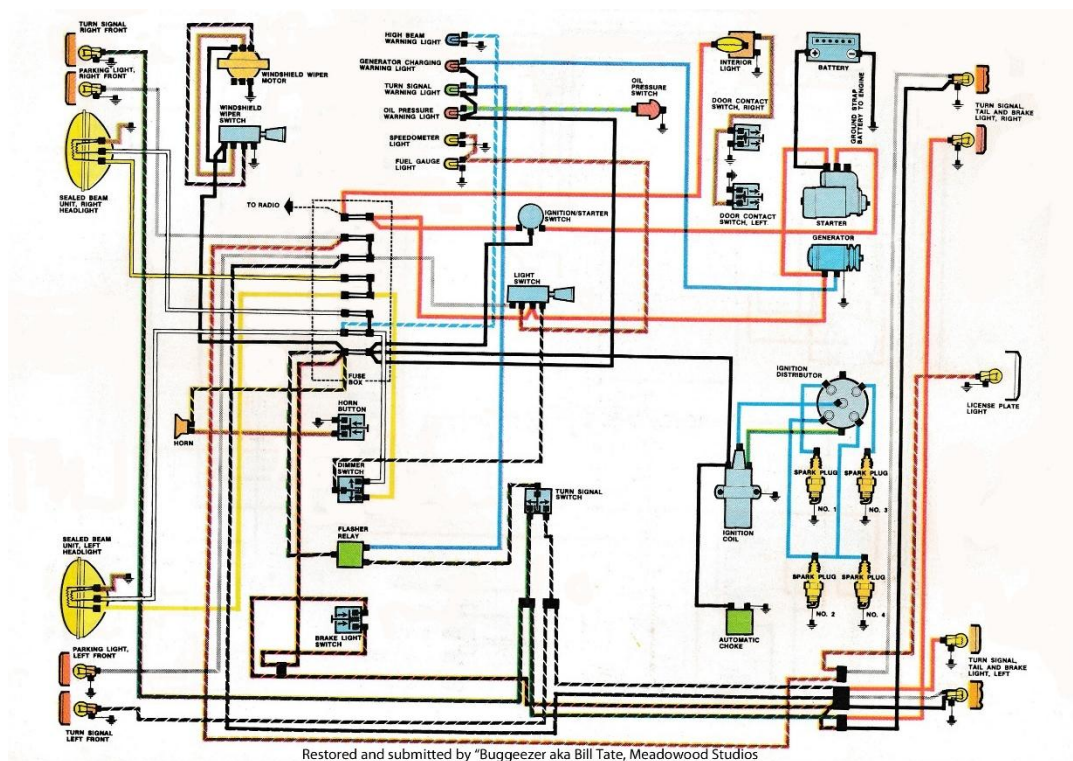
El desarrollo de la tecnología electrónica en los automóviles ha sido clave para adaptarse a las crecientes demandas regulatorias y del mercado, pues a lo largo del

tiempo, los vehículos han incorporado nuevas capacidades, tales como la automatización de funciones, el control de componentes mediante software, y la identificación y diagnóstico de fallos y averías, como lo menciona Pérez Darquea (2018). Esta evolución ha impulsado mejoras significativas en la seguridad, eficiencia y confort de los automóviles modernos, permitiendo a los conductores disfrutar de una experiencia más avanzada y personalizada.

En sus primeros modelos, el Beetle utilizaba un sistema eléctrico de 6 voltios, considerado estándar en ese momento. Sin embargo, este sistema ofrecía una capacidad de carga limitada y era menos eficiente en comparación con los estándares actuales **Diagrama 1**, por lo tanto, a partir de 1967, los modelos fueron equipados con un sistema de 12 voltios, lo que representó una mejora significativa en términos de potencia, capacidad para alimentar accesorios adicionales y estabilidad en el rendimiento eléctrico.(Volkswagen Group, 2022).

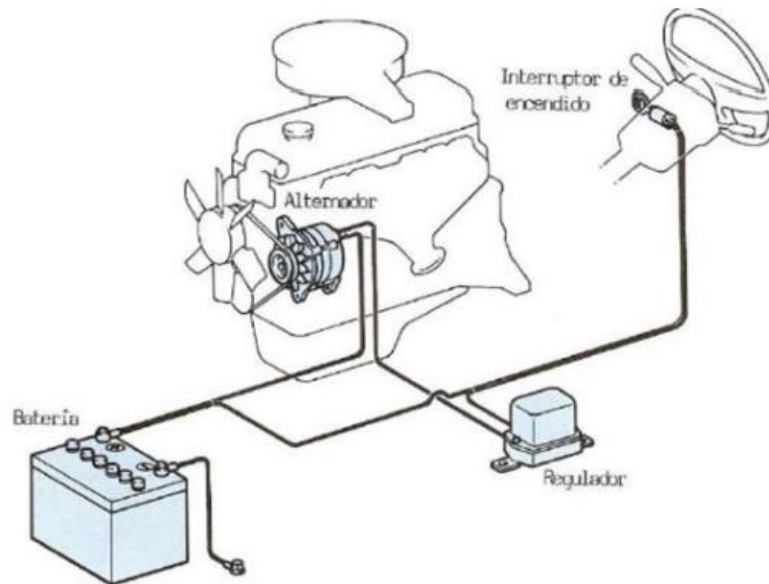
Diagrama 1

Diagrama eléctrico Volkswagen 1960



(Buggeezzer Aka, 2019)

El dinamo era un componente esencial que generaba energía para el sistema eléctrico del vehículo, aunque cumplía con los requerimientos básicos, su capacidad estaba limitada, sobre todo a bajas revoluciones del motor **Figura 5**, lo que podía generar problemas en condiciones de tráfico lento o al mantener el motor en ralentí, a diferencia de los alternadores modernos, que producen corriente alterna y son más eficientes a bajas revoluciones, la dinamo era más adecuada para las demandas simples de la época (Steven Cisneros-Santillas et al., 2022).

Figura 5*Incorporación de sistemas con alternador*

(Steven Cisneros-Santillas et al., 2022)

Limitaciones funcionales

Las restricciones funcionales de los sistemas eléctricos antiguos impactaban directamente en su fiabilidad y adaptabilidad, pues la falta de estándares claros en los sistemas eléctricos iniciales generaba incompatibilidades significativas con dispositivos modernos (Rabbani et al., 2024). Además, la obsolescencia de piezas era un problema crítico, ya que los diseños antiguos carecían de modularidad, complicando tanto las reparaciones como las actualizaciones como lo muestra la **Tabla 1** (Ng & Kam Ng, 2024).

Tabla 1*Limitaciones funcionales del sistema*

Aspecto	Limitación funcional	Impacto
Fiabilidad	Alta probabilidad de fallas debido a conexiones primitivas y materiales propensos a la corrosión	Mal funcionamiento frecuente de luces, indicadores y encendido. La falta de sistemas robustos provocaba frecuentes interrupciones operativas
	No permitían integrar dispositivos modernos como sensores avanzados o baterías actuales.	Dificultad para usar sistemas LED, baterías modernas y otros accesorios. Las limitaciones estructurales impedían la modernización eficiente
Mantenimiento	La obsolescencia de piezas complicaba las reparaciones y aumentaba los costos	Reparaciones complicadas y costosas. La falta de piezas estándar ralentizaba el mantenimiento.
Adaptabilidad	Diseño rígido sin capacidad para nuevas necesidades	Limitaciones para actualizar el sistema a demandas eléctricas contemporáneas

Nota: La tabla describe las principales limitaciones funcionales de los sistemas eléctricos antiguos, destacando problemas de fiabilidad, compatibilidad y mantenimiento (Guaman Jara, 2023)

Comparativa con sistemas modernos

Los avances en sistemas eléctricos modernos han solucionado muchas de las deficiencias de los diseños antiguos. Por ejemplo, los sistemas actuales emplean materiales avanzados como polímeros de alta resistencia, que garantizan mayor durabilidad(Asef et al., 2021). Además, la protección ha evolucionado con la incorporación de relés, fusibles y monitoreo, que aseveran la seguridad y eficiencia operativa como muestra la **Tabla 2** (Rabbani et al., 2024).

Tabla 2

Comparativa con sistemas modernos.

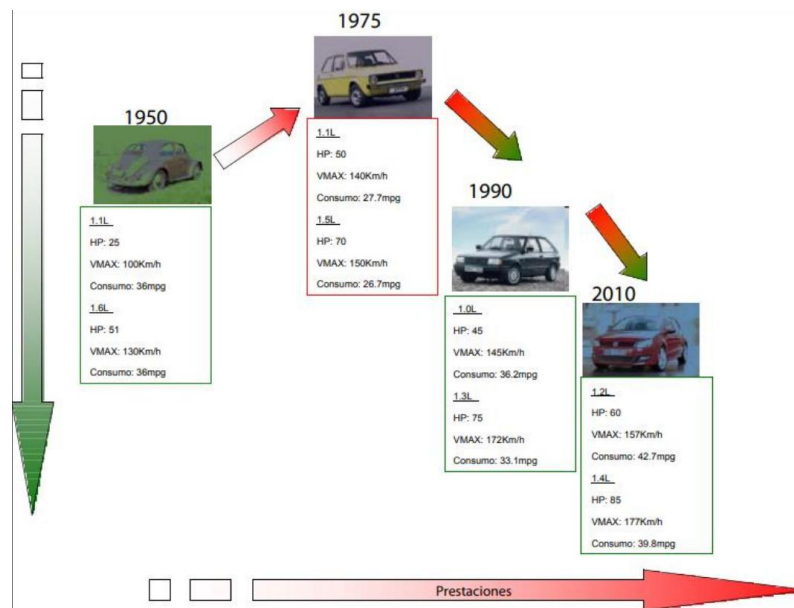
Aspecto	Sistema eléctrico original	Sistemas eléctricos modernos	Impacto
Materiales	Materiales de baja resistencia y corta vida útil	Polímeros avanzados y conductores de alta durabilidad	Los avances en materiales ofrecen mayor resistencia y sostenibilidad

Protección	Sin protección avanzada contra fallos	Sistemas de relés, fusibles y monitoreo de fallos.	La protección avanzada garantiza seguridad operativa.
Compatibilidad	Dificultad para incorporar nuevas tecnologías	Diseño modular que permite actualizaciones sin complicaciones	El modularidad permite flexibilidad en aplicaciones modernas
Mantenimiento	Complejo y limitado por falta de estandarización	Estandarización que facilita el acceso a componentes y repuestos	El diseño moderno reduce costos y tiempos de reparación

Nota: La tabla compara las características de los sistemas eléctricos originales con los sistemas modernos, destacando las mejoras en materiales, protección y compatibilidad. (Jimenez Padilla, 2024).

Figura 6.

Evolución de las prestaciones de los vehículos



(Pérez Darquea, 2018)

La evolución de los sistemas eléctricos automotrices ha sido una de las transformaciones más significativas en la historia del automóvil, y ha marcado una línea divisoria entre la era mecánica tradicional y la era electrónica moderna, pues desde sus inicios hasta la década de 1960, los vehículos se caracterizaban por la predominancia de componentes mecánicos, con una mínima intervención de la electrónica, sin embargo, a partir de la década de 1970, con la llegada de la inyección electrónica y sistemas como el ABS, la electrónica comenzó a ganar terreno, convirtiéndose en un componente esencial en los vehículos actuales **Figura 6**.

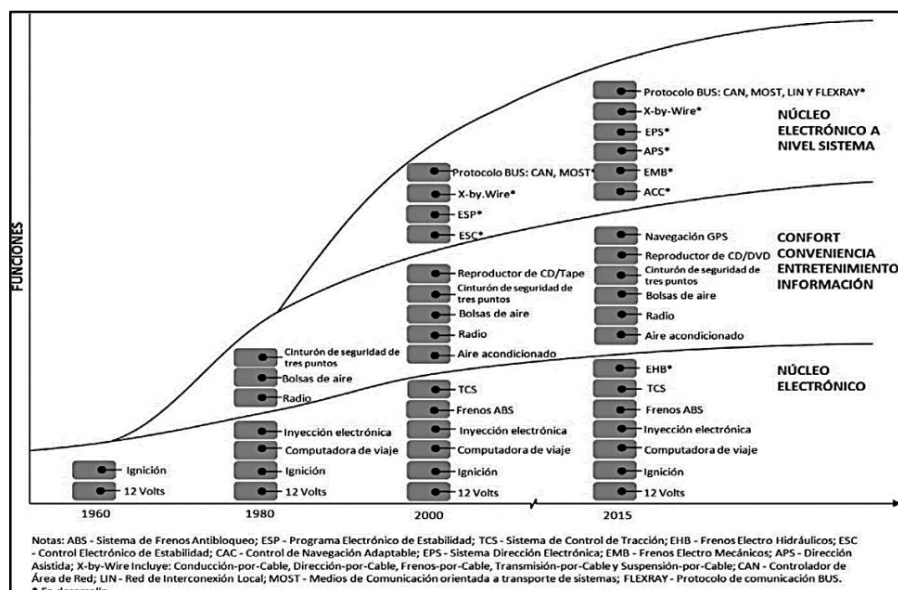
En las primeras décadas del desarrollo automotriz, los vehículos se basaban casi exclusivamente en sistemas mecánicos y según Nishiguchi (1994), fue hasta la década de 1970 cuando los vehículos comenzaron a integrar componentes electrónicos de manera

más visible. Esta transición inicial trajo consigo la introducción de tecnologías que revolucionaron la industria, como la inyección electrónica de combustible y el sistema de frenos con control electrónico. Estas innovaciones permitieron un mayor control y precisión en los sistemas del automóvil, incrementando la eficiencia del combustible y mejorando la seguridad.

Un aspecto importante en la evolución de los sistemas eléctricos automotrices es la transmisión de datos, que ha experimentado una transformación significativa. Figueroa Peñafiel (2015) señala que, en un principio, los cables automotrices solo conducían electricidad, pero con el avance de la tecnología, comenzaron a transmitir información, por lo que esta evolución permitió la implementación de sistemas multiplexados, en los que un solo cable podía transmitir múltiples señales, lo que mejoró la eficiencia de los sistemas eléctricos y redujo la complejidad del cableado en los vehículos.

Figura 7.

La innovación y el desarrollo de las funciones electrónicas en los automóviles



(Pérez Darquea, 2018)

Planteamiento del Problema

El Volkswagen Beetle 1974 es un vehículo icónico que, a pesar de su valor histórico, presenta retos significativos en cuanto a la conservación de su funcionalidad ya que su sistema eléctrico, diseñado bajo estándares de hace varias décadas, ha llegado a su límite de vida útil debido al desgaste y la obsolescencia de sus componentes. Este deterioro provoca fallas recurrentes, incrementa el consumo energético y reduce la eficiencia general del vehículo. A esto se suma la falta de disponibilidad de piezas originales en el mercado, lo que dificulta el mantenimiento y la restauración de estos automóviles.

Además, para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente, es necesario actualizarlos según estándares modernos como la norma ISO 6722, la cual establece los requisitos para cables automotrices en términos de resistencia, durabilidad y seguridad. Sin estas mejoras, su operación se ve limitada (Rodríguez Hernández, 2016).

Justificación

El proyecto de modernización del sistema eléctrico de un Volkswagen Beetle de 1974 responde a la necesidad relacionada con la creación de un sistema de ramal eléctrico eficiente ya que los vehículos clásicos, como este modelo específico, suelen tener sistemas eléctricos que, con el paso del tiempo, experimentan desgaste y reducción en su eficacia, pues este deterioro puede resultar en un incremento del consumo de energía y en una disminución en el desempeño global del automóvil. Por ello, perfeccionar el sistema eléctrico no solo contribuye a una mayor eficiencia energética, sino que también extiende la vida útil del vehículo (L.T.A, 2023).

Además, la limitada disponibilidad de componentes originales en el mercado actual complica significativamente el proceso de mantenimiento y restauración de este tipo de vehículos, por lo que la ausencia de piezas específicas obliga a los propietarios a recurrir a alternativas que, en muchas ocasiones, no aseguran un desempeño óptimo ni cumplen con los estándares de seguridad requeridos. Implementar un sistema de ramal eléctrico renovado y plenamente funcional representa una solución práctica a este desafío, simplificando las tareas de mantenimiento y garantizando la operatividad segura y eficiente del vehículo. (Bilon M., 2022)

Actualizar el sistema eléctrico de los vehículos clásicos ofrece la posibilidad de integrar tecnologías modernas que optimizan la eficiencia energética puede contribuir a las tendencias actuales de sostenibilidad dentro del sector automotriz, entonces este tipo de mejoras no solo conserva el valor histórico del automóvil, sino que también lo ajusta a las normativas y demandas medioambientales contemporáneas (Jimenez Padilla, 2024).

Un informe de El Universal (2023) sugiere que los autos clásicos tienen un impacto ambiental menor debido a su uso reducido y la huella de carbono que han acumulado durante su vida útil. Actualizar estos vehículos, en lugar de desecharlos, contribuye a reducir el consumo de recursos y la generación de desechos. Además, la actualización de sistemas eléctricos con tecnologías más eficientes disminuye el consumo energético y minimiza su huella ambiental.

- ❖ Objetivo general: Optimizar el consumo energético del vehículo Volkswagen Beetle clásico mediante el diseño, fabricación y evaluación de un nuevo sistema de arnés eléctrico, acorde a la norma ISO 6722, contribuyendo a la mejora de su eficiencia operativa.
- ❖ Objetivos específicos:
 - Determinar el estado actual del sistema eléctrico del Volkswagen Beetle clásico, a través de un diagnóstico de la funcionalidad de los componentes eléctricos para la identificación de las partes que requieren sustitución actualización.
 - Diseñar un sistema eléctrico optimizado, mediante la selección de materiales y componentes adecuados, software especializado, basándose en la norma ISO 6722 y en las especificaciones técnicas del vehículo, para garantizar su compatibilidad, seguridad y eficiencia operativa.
 - Fabricar el ramal eléctrico utilizando los materiales seleccionados, mediante las especificaciones técnicas establecidas, promoviendo la creación de un sistema de cableado funcional.

- Comparar la eficiencia energética del sistema antiguo vs. el propuesto bajo condiciones reales de operación, mediante pruebas de rendimiento estandarizadas y análisis cuantitativo de consumo, para garantizar que el sistema seleccionado satisfaga las demandas energéticas del vehículo y optimice su rendimiento en su entorno operativo.

Hipótesis

La implementación de un sistema de ramal eléctrico diseñado específicamente para el Volkswagen Beetle clásico no solo restaurará la funcionalidad original del vehículo, sino que también mejorará su eficiencia energética en al menos un 20%. Esto se debe a que la modernización de los sistemas eléctricos en vehículos clásicos ha demostrado que puede resultar en una mejora del 15% al 30% en la eficiencia energética.

Estado del arte

Diagnóstico de Sistemas Eléctricos en Vehículos

El diagnóstico, análisis y reparación de sistemas eléctricos son esenciales para garantizar el funcionamiento adecuado y la durabilidad de un vehículo, ya que este proceso adquiere especial importancia debido a la simplicidad de sus sistemas eléctricos. Como señala Sanchez Fernandez, (2024), "un diagnóstico claro y seguro permite identificar la causa del fallo y aplicar una solución directa" (p. 270). Este procedimiento no solo implica detectar el componente defectuoso, sino también planificar una reparación. En este apartado, se analizan los métodos y herramientas clave para realizar un diagnóstico eficiente en vehículos clásicos y el uso de equipos especializados y la combinación de conocimientos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Inspección visual

La inspección visual es un paso fundamental en el diagnóstico de sistemas eléctricos de vehículos, como arneses y cableados, debido a que este procedimiento se enfoca en revisar el estado físico de cables y conexiones para detectar signos visibles de desgaste, corrosión, aislamiento dañado, cables expuestos o conexiones sueltas. Como señala (Maquera Rivera, 2023) "es posible identificar rápidamente resistencias de paso en conectores o contactos debido a oxidación o defectos mecánicos, así como daños importantes en sensores, actuadores y cables ocasionados, por ejemplo, por mordeduras de roedores" (p. 277).

Figura 8

Inspección visual de conectores



(Sanchez Fernandez, 2024)

Este enfoque inicial es económico y no invasivo, y sirve como base para realizar pruebas más avanzadas cuando sea necesario.

A continuación, se presenta **Tabla 3** con los pasos detallados de cada etapa:

Tabla 3

Pasos para Realizar una Inspección Visual de un Sistema de Cableado

Paso	Descripción
Preparación	Apaga el sistema eléctrico y desconéctalo de la fuente de energía. Reúne herramientas como linterna, lupa y guantes.
Examen General	Observa el estado general de los cables y conexiones buscando signos de corrosión, quemaduras o daños.

Revisión de Conectores	Inspecciona conectores y enchufes en busca de oxidación, suciedad o contactos flojos.
Detección de Daños Físicos	Busca cortes, mordeduras de roedores, grietas o puntos de cables expuestos.
Evaluación de Aislamiento	Examina el revestimiento de los cables para detectar zonas desgastadas, roturas o pérdida de flexibilidad.
Inspección de Sensores y Actuadores	Verifica que los sensores y actuadores estén en buen estado y correctamente conectados.
Registro de Hallazgos	Documenta cualquier daño encontrado para planificar las reparaciones necesarias.
Acciones Correctivas	Reemplaza cables dañados, limpia conectores corroídos y realiza las reparaciones necesarias.
Pruebas Adicionales	Si no se encuentran problemas visibles, realiza pruebas avanzadas como continuidad o resistencia.

Nota. La tabla resume los pasos clave para inspeccionar y mantener un sistema eléctrico, desde la preparación inicial hasta la ejecución de pruebas avanzadas (Sanchez Fernandez, 2024).

Pruebas de continuidad

Este procedimiento permite determinar si el flujo eléctrico es constante en el circuito o si existen interrupciones provocadas por cables rotos, conexiones defectuosas o componentes dañados. Para llevar a cabo estas pruebas, se emplea un multímetro, una herramienta versátil que mide diferentes magnitudes eléctricas, como resistencia, voltaje

e intensidad. Según Jimenez Padilla, (2024) "es posible utilizar desde el clásico polímetro, que combina la capacidad de medir intensidad, resistencia y voltaje en un solo dispositivo, hasta herramientas especializadas como la lámpara de pruebas, ideal para identificar la continuidad en los circuitos y detectar fugas de tensión o voltaje" (p. 49).

Figura 9

Lámpara de pruebas



(Jimenez Padilla, 2024)

El uso de pruebas de continuidad permite no solo identificar problemas ocultos en el flujo eléctrico, sino también garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Este diagnóstico es particularmente útil en el mantenimiento de arneses eléctricos de vehículos, donde un fallo en un solo cable puede afectar múltiples componentes interrelacionados como lo muestra la **Tabla 4**.

Tabla 4
Pasos para Realizar Pruebas de Continuidad

Paso	Descripción
Preparación	Apaga el sistema eléctrico y desconéctalo de la fuente de energía. Configura el multímetro en el modo de continuidad.
Conexión del Multímetro	Coloca las puntas del multímetro en los extremos del circuito o cable que desees probar.
Observación de Resultados	Verifica si el multímetro emite un pitido o muestra un valor cercano a cero, lo que indica continuidad eléctrica.
Identificación de Interrupciones	Si no hay pitido o el valor es alto, identifica el área específica del cable o componente con el problema.
Registro de Resultados	Documenta las interrupciones encontradas para planificar las reparaciones necesarias.
Reparaciones	Sustituye o repara los cables y conexiones defectuosas según sea necesario.
Pruebas Finales	Realiza nuevamente las pruebas para confirmar que el circuito esté funcionando correctamente.

Nota. La tabla inicia con la preparación y configuración del multímetro, seguido de la observación de resultados para identificar interrupciones (Sanchez Fernandez, 2024).

Pruebas de consumo eléctrico

La medición de la intensidad eléctrica (I) en un circuito es crucial para identificar el consumo de corriente y detectar posibles anomalías que puedan comprometer el desempeño del sistema eléctrico. De acuerdo con Jimenez Padilla, (2024), "el amperímetro contiene una resistencia interna muy baja que permite que la electricidad fluya a través del circuito sin causar una pérdida significativa de tensión en el instrumento, lo que garantiza lecturas precisas" (p. 38).

Figura 10

Pinza amperimétrica



(Jimenez Padilla, 2024)

Las pruebas de consumo eléctrico en amperios son fundamentales para analizar el desempeño de los circuitos, identificar posibles sobrecargas y verificar que los componentes operen dentro de los parámetros establecidos. El amperímetro de pinza, especialmente recomendado para sistemas eléctricos complejos, simplifica el proceso de diagnóstico al eliminar la necesidad de desconectar el circuito, proporcionando mediciones rápidas y precisas.

A continuación, se presenta una tabla con los pasos detallados

Tabla 5*Procedimiento para la Medición de Corriente con Pinza Amperimétrica*

Paso	Descripción
Selección del Instrumento	Asegúrate de contar con una pinza amperimétrica calibrada y adecuada para la corriente que desees medir (CA o CC).
Configuración Inicial	Enciende la pinza amperimétrica y selecciona el modo de medición de corriente adecuado (amperios). Asegúrate de que el rango máximo sea superior a la corriente estimada.
Identificación del Circuito	Ubica el conductor o el circuito que desees medir y asegúrate de que esté en funcionamiento.
Apertura de la Pinza	Abre el anillo de la pinza amperimétrica y colócalo alrededor del conductor a medir (asegúrate de medir un solo conductor, no el cable completo si tiene neutro y fase juntos).
Medición de la Corriente	Observa el valor mostrado en la pantalla de la pinza amperimétrica. Toma nota del valor en amperios (A).
Registro de Resultados	Anota el valor medido junto con el estado del circuito (carga baja, carga media, máxima potencia, etc.).

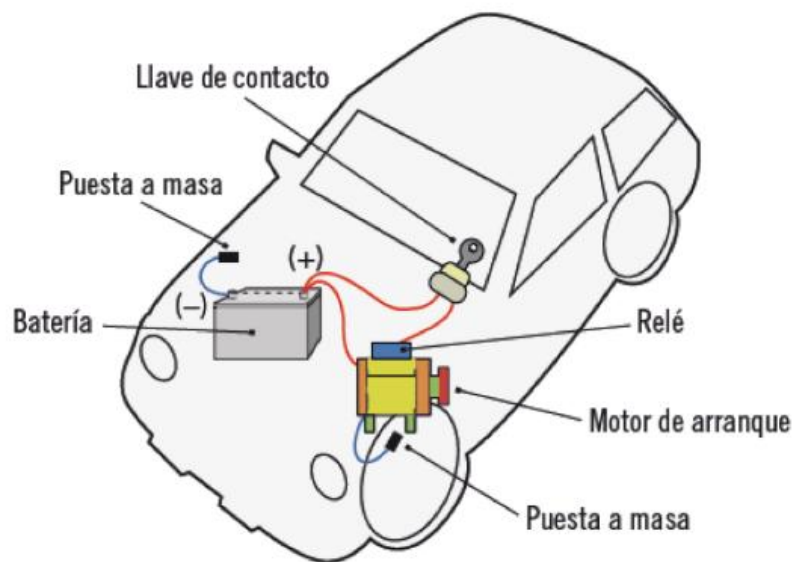
Nota. La tabla describe los pasos esenciales para medir corriente eléctrica utilizando una pinza amperimétrica, ya que este procedimiento asegura una medición precisa y adecuada al tipo de corriente CC del circuito en análisis.

Eficiencia energética*Sistema de encendido*

El consumo energético durante el arranque del motor es considerable, ya que el motor de arranque necesita una corriente de alta intensidad en un breve intervalo de tiempo. Como señala Jimenez Padilla (2024), "el amperímetro debe conectarse en serie y realizar la medición con el circuito cerrado (energizado)", lo que subraya la importancia de contar con un sistema eléctrico bien calibrado y en óptimas condiciones, además para maximizar la eficiencia energética en esta etapa, es esencial que componentes clave como la batería, el relé y el motor de arranque se mantengan en buen estado, pues una batería descargada o un motor de arranque defectuoso puede provocar un consumo energético excesivo y dificultades en el encendido del motor.

Figura 11

Instalación del motor de arranque en el vehículo



(Jimenez Padilla, 2024)

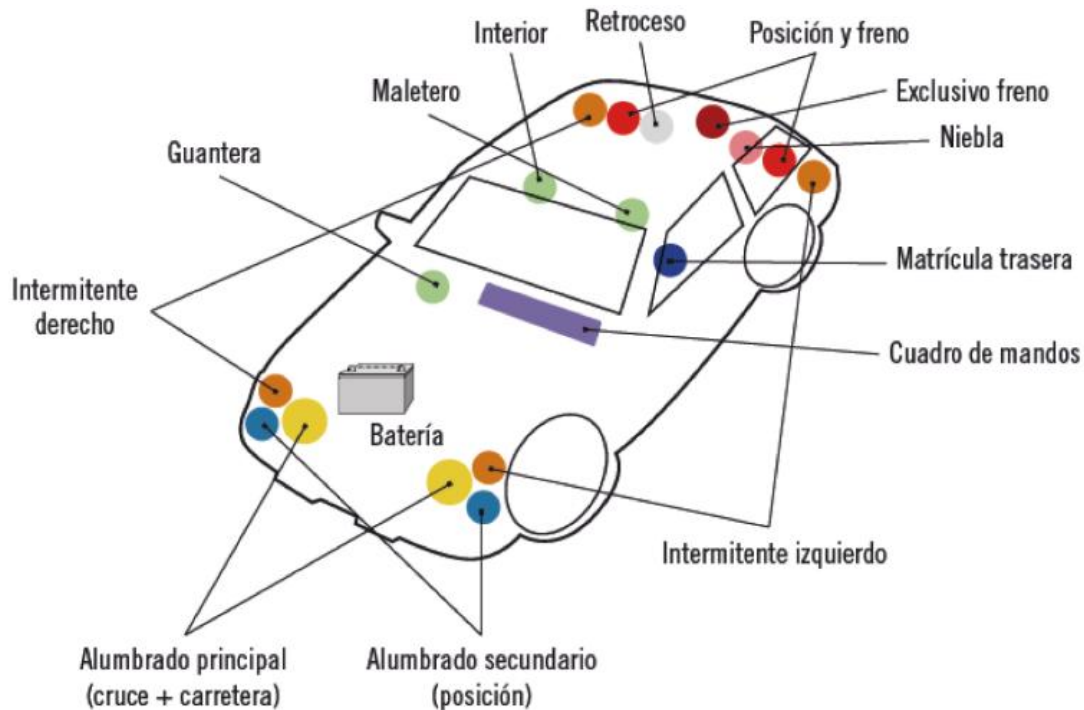
Sistema de iluminación

La incorporación de lámparas LED en los sistemas de iluminación vehicular ha transformado significativamente su diseño y eficiencia, proporcionando numerosas ventajas tanto funcionales como ambientales. Según (Guaman Jara, 2023) "los diodos LED permiten reducir el consumo de energía derivada del combustible, contribuyendo así de manera notable a la disminución del consumo total y, por ende, a las emisiones de CO₂" (p. 82).

A diferencia de las lámparas halógenas y de xenón, los LED alcanzan su máxima luminosidad de forma instantánea, sin necesidad de un tiempo de calentamiento y esta característica los convierte en una opción ideal para luces de frenado e intermitentes, donde la rapidez de respuesta es fundamental para garantizar la seguridad en la conducción como la **Figura 12**.

Figura 12

Replantación del mapa de lámparas de un vehículo



(Steven Cisneros-Santillas et al., 2022)

Sistema de accesorios

En los vehículos contemporáneos, la eficiencia energética no se limita únicamente a los sistemas principales, como el motor o el sistema de iluminación, sino que también abarca los accesorios secundarios, los cuales desempeñan un papel fundamental en la comodidad y seguridad de los ocupantes. Elementos como el limpiaparabrisas **Figura 13** y el equipo de música, aunque secundarios, son indispensables para mejorar la experiencia del conductor y los pasajeros, sin embargo, estos accesorios también representan un consumo de energía que debe ser gestionado de manera eficiente para garantizar un óptimo desempeño del sistema eléctrico en su conjunto.

Figura 13

Motor limpiaparabrisas



(Jimenez Padilla, 2024)

El limpiaparabrisas incluye un motor eléctrico equipado con un mecanismo de reducción de velocidad que convierte las altas revoluciones del rotor (2.500-3.000 rpm) en oscilaciones adecuadas para las escobillas de goma (50-70 oscilaciones por minuto) (Buggezer Aka, 2019)

Figura 14*Limpiaparabrisas*

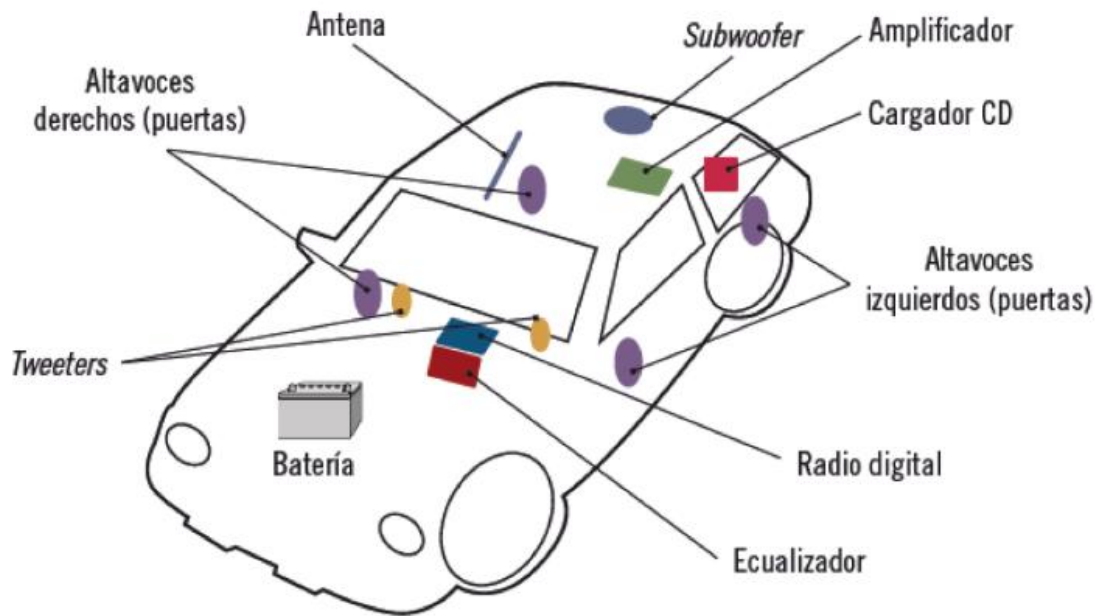
(Maquera Rivera, 2023)

El consumo energético del limpiaparabrisas oscila entre 2 y 10 amperios, dependiendo de la velocidad seleccionada y las condiciones de uso, aunque su funcionamiento suele ser intermitente, en situaciones de uso prolongado, como en lluvia intensa, este consumo puede convertirse en una carga considerable para el sistema eléctrico del vehículo.

Según (Torres Cunalata, 2023) "el equipo de música proporciona compañía al conductor, así como comodidad a los ocupantes", lo que lo convierte en un componente relevante para la experiencia general dentro del vehículo.

Figura 15

Representación del mapa del equipo de sonido



(Jimenez Padilla, 2024)

El consumo energético de este sistema varía entre 0.5 y 5 amperios, dependiendo de factores como el volumen, las funciones adicionales (por ejemplo, pantallas o conectividad Bluetooth) y el modelo del equipo. Aunque su impacto en el sistema eléctrico es menor en comparación con otros componentes, el uso prolongado puede agotar la batería, especialmente cuando el motor está apagado.

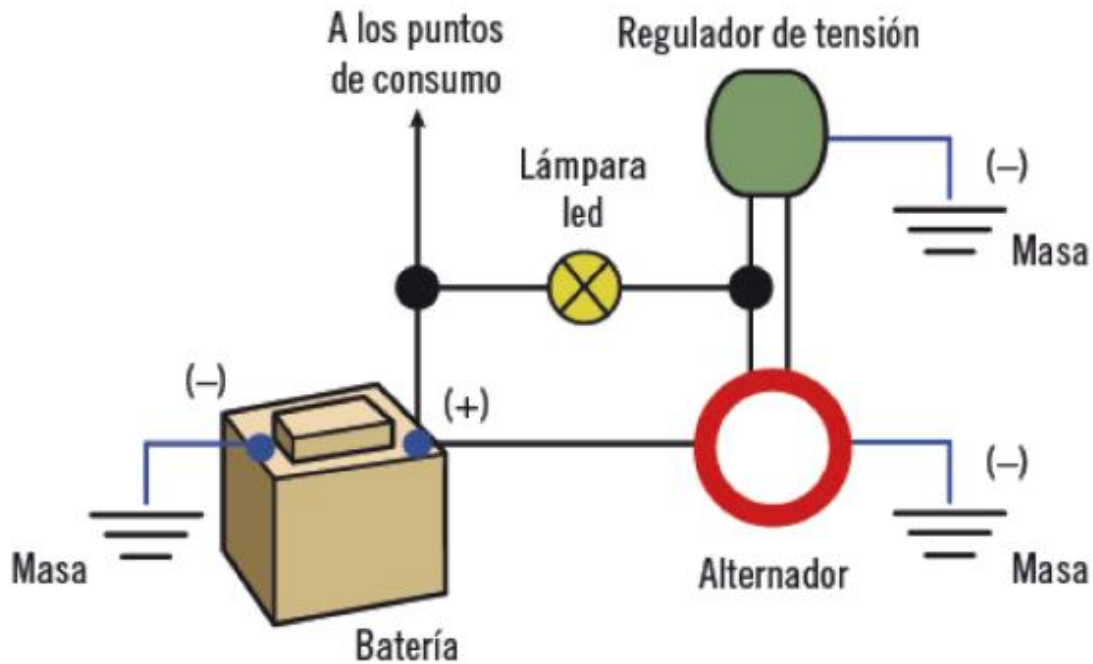
Figura 16*Elementos de un equipo de sonido*

(Todotest, 2024)

Para optimizar la eficiencia energética del equipo de música, se recomienda utilizarlo de manera racional y apagarlo cuando no esté en uso, mantener un volumen moderado y desconectarlo al apagar el vehículo, ya que estas prácticas no solo ayudan a reducir el consumo eléctrico, sino que también prolongan la vida útil de la batería y garantizan que esta conserve suficiente energía para otros sistemas esenciales.

Sistema de carga

Su función principal no solo consiste en alimentar los componentes eléctricos mientras el motor está en marcha, sino también en asegurar la recarga continua de la batería mediante el alternador. Según (Ng & Kam Ng, 2024) "el circuito de carga lo forman el regulador de tensión y el generador o alternador", dos elementos fundamentales para mantener la estabilidad energética del sistema.

Figura 17*Esquema del circuito de carga*

(Jimenez Padilla, 2024)

El regulador de tensión desempeña un papel fundamental en la eficiencia energética del vehículo al regular la cantidad de energía generada por el alternador, evitando la producción excesiva e innecesaria (Asef et al., 2021). Esta función no solo protege los componentes eléctricos de posibles daños por sobrecarga, sino que también minimiza las pérdidas energéticas como la **Tabla 6**, mejorando el rendimiento global del sistema eléctrico y contribuyendo a una mayor eficiencia en el consumo de combustible.

Tabla 6*Elementos del sistema de carga*

Componente	Función	Impacto en la Eficiencia Energética
Alternador	Generar energía eléctrica mediante el giro del rotor, transformando la energía mecánica en energía eléctrica.	Un alternador eficiente reduce la carga sobre el motor, optimizando el consumo de combustible. Alternadores modernos ajustan la producción según la demanda del vehículo.
	Controlar el voltaje generado por el alternador para evitar sobrecargas y proteger los componentes eléctricos.	Mantiene un flujo constante de energía, evitando pérdidas y asegurando que el sistema funcione dentro de los parámetros adecuados.
Batería	Almacenar energía eléctrica para alimentar sistemas cuando el motor está apagado y facilitar el arranque.	Proporciona una reserva energética eficiente, evitando que el alternador trabaje en exceso. Su mantenimiento prolonga la vida útil del sistema de carga.

Correa de Periféricos	Transmitir la energía mecánica del motor al alternador mediante el giro del rotor.	Una correa bien mantenida
		asegura una transferencia eficiente de energía. Su desgaste puede provocar pérdidas de eficiencia y mayor consumo de combustible.

Nota. La tabla detalla las funciones principales de los componentes clave del sistema de carga de un vehículo y su impacto en la eficiencia energética.

Normativa y Regulaciones para el Diseño del Ramal Eléctrico

Las normativas y estándares en cuanto a cables y arneses eléctricos en automóviles son esenciales para asegurar la seguridad, fiabilidad y eficiencia de los vehículos. Estos lineamientos garantizan que los sistemas eléctricos operen de manera óptima en distintas condiciones (Reagens, 2022).

El objetivo de las normativas es establecer especificaciones técnicas que certifiquen tanto la seguridad como el rendimiento de los cables y arneses eléctricos en vehículos debido a que estos cables deben resistir condiciones extremas, como altas temperaturas, vibraciones, humedad y exposición a sustancias químicas. Estas demandas técnicas se abordan a través de estándares que definen pruebas estrictas y parámetros concretos.

Normas automotrices como las series ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128 no solo detallan requisitos técnicos, sino que también promueven la interoperabilidad y la calidad de productos en un mercado global (Gardi, 2022). La presencia de estos estándares internacionales permite a los fabricantes utilizar materiales y componentes de diversos

proveedores sin afectar la calidad o compatibilidad, lo que facilita una producción eficiente y controlada.

Normas SAE

La norma SAE J1128 es el estándar de referencia en Estados Unidos para cables de baja tensión en aplicaciones vehiculares y cubre vehículos con sistemas eléctricos de hasta 60 V DC (25 V AC), además define pruebas exhaustivas para asegurar la calificación de cables utilizados en entornos con exposición limitada a líquidos y condiciones de desgaste físico moderado (Joya Arboleda, 2023). Entre los cables regulados están el TWP el cual es de pared delgada y aislado termoplástico, el HDT de servicio pesado con aislamiento termoplástico, y el GXL de propósito general con aislamiento de poliolefina reticulada (Reagens, 2022a). Estos cables cumplen con requisitos específicos para aplicaciones de baja tensión en automóviles, destacando en propiedades como resistencia al calor y flexibilidad, lo cual es fundamental para reducir el peso del vehículo y aprovechar mejor el espacio en sistemas eléctricos compactos.

Norma ISO 6722

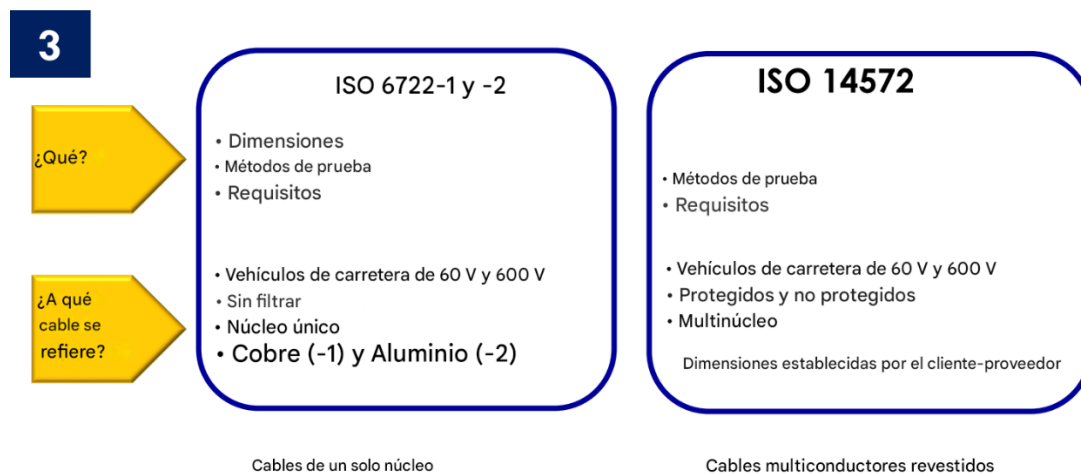
Las normas ISO desempeñan un papel crucial en la armonización global de procesos, productos y servicios, ya que reflejan el acuerdo alcanzado por especialistas internacionales en diversas disciplinas, por lo que estas normas no solo garantizan la aplicación uniforme de metodologías en sectores específicos, sino que también fomentan la adopción de mejores prácticas en una amplia gama de industrias. Como señala BSI Group México (2023), las normas ISO son guías que describen la forma más eficiente de realizar una tarea, cubriendo desde la gestión de procesos hasta la producción de bienes.

Un ejemplo concreto de la utilidad de estas normas es el ISO 6722, que especifica los requisitos que deben cumplir los cables eléctricos empleados en vehículos de carretera, ya que detalla las dimensiones, los métodos de prueba y las características que los cables deben tener, con el objetivo de garantizar la seguridad y eficiencia en los sistemas eléctricos automotrices (international organization for standardization, 2019).

La ISO 6722 es especialmente adecuada para proyectos con cables de núcleo sólido sin blindaje, porque es ideal para sistemas eléctricos automotrices básicas que necesitan conexiones seguras en entornos de baja y media tensión. Esto es fundamental para el arnés eléctrico, ya que garantiza que cada conductor cumpla con los estándares de calidad y seguridad exigidos. Además, la norma abarca voltajes de 60 V a 600 V, proporcionando versatilidad para aplicaciones en el sistema eléctrico del vehículo a diferentes niveles de voltaje (Reagens, 2022).

Figura 18

Comparación entre los estándares ISO 6722 y ISO 14572 para cables automotrices



(Reagens, 2022)

Norma ISO 14572

La norma ISO 14572 complementa la ISO 6722 al definir los requisitos para cables de múltiples núcleos, que pueden ser blindados o sin blindaje, y que cuentan con distintos niveles de desempeño, además se aplica específicamente a cables redondos de 60 V y 600 V en vehículos de carretera, especialmente aquellos que necesitan cables con alta durabilidad y resistencia frente a interferencias electromagnéticas (Eurolab, 2020).

Los cables multinúcleo que cumplen con la ISO 14572 son especialmente relevantes en aplicaciones avanzadas donde es esencial una transferencia de datos estable y sin interferencias, como en los sistemas de comunicación y control (ISO 14572, 2011). La norma especifica métodos detallados de prueba para evaluar el rendimiento de estos cables en condiciones de alta y baja temperatura, humedad controlada, y exposición a ambientes con demandas físicas y químicas exigentes.

Comparación de Normas para Cables Automotrices

Comparar las normas para cables automotrices es fundamental para garantizar que los sistemas eléctricos de los vehículos satisfagan los estándares de seguridad, durabilidad y rendimiento bajo diversas condiciones de operación **Tabla 7**.

Tabla 7

Comparación de Normas Internacionales para Cables Automotrices

Aspecto	ISO 6722	ISO 14572	SAE J1128
---------	----------	-----------	-----------

Aplicación Principal	Cables de núcleo sólido de un solo conductor	Cables multinúcleo, redondos, blindados y sin blindaje	Cables de baja tensión en vehículos con voltaje ≤ 60 V DC
Rango de Voltaje	60 V y 600 V	60 V y 600 V	60 V DC (25 V AC)
Tipo de Conductores	Cobre y aluminio	Multinúcleo con opciones de cobre, blindaje opcional	Termoplásticos y elastoméricos, típicamente de cobre
Enfoque de Pruebas	Durabilidad, resistencia térmica y mecánica	Pruebas de alto rendimiento y resistencia a interferencias	Pruebas en condiciones normales, limitada exposición a líquidos y abuso físico
Resistencia Térmica	Alta resistencia a variaciones de temperatura extrema	Alta resistencia en aplicaciones avanzadas con aislamiento mejorado	Condiciones de temperatura controladas para movilidad terrestre
Blindaje	No aplica (núcleo sólido sin blindaje)	Disponibles para aplicaciones que requieren evitar interferencias electromagnéticas	No necesariamente aplica (varía según tipo de cable)

	Sistemas		Uso en sistemas de
Principales	eléctricos	Sistemas avanzados de	baja tensión con
Usos	automotrices	comunicación y control	limitaciones de
	básicos		temperatura
Norma	Europa (Unión	Europa (similar a ISO	
Regional	Europea y países	6722, pero con	Estados Unidos (SAE)
	afiliados)	aplicaciones específicas)	
	Definidos por		Varían según el tipo de
Requisitos	tolerancias de	Establecidos entre cliente	cable (TWP, HDT,
Adicionales	diámetro y	y proveedor	GXL)
	temperatura		

Nota: Esta tabla compara las especificaciones y aplicaciones principales de los estándares de cables automotrices ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128.

Beneficios y limitaciones de las normas ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128

En el sector automotriz, la elección de normativas para el diseño de cables en sistemas eléctricos es fundamental para garantizar la durabilidad, seguridad y eficiencia de los vehículos, pues las normas ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128 ofrecen diferentes requisitos según las aplicaciones y los entornos de uso específicos, abordando temas como la resistencia a temperaturas extremas, la protección contra interferencias electromagnéticas y la durabilidad bajo condiciones exigentes (Reagens, 2022a). A continuación, en la **Tabla 8**, se compara cada una de estas normativas, resaltando sus

ventajas y limitaciones, para facilitar la comprensión de sus aplicaciones y cómo pueden impactar en el diseño de arneses eléctricos en automóviles.

Tabla 8

Beneficios y Limitaciones de las Normas de Cableado Automotriz (ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128)

Normativa	Beneficios	Limitaciones
	Especifica métodos de prueba y requisitos para cables de 60 V y 600 V en vehículos de carretera Clasificación clara de temperaturas (hasta 125°C para aplicaciones automotrices de alta temperatura) Amplia aplicabilidad en la industria automotriz europea	Algunos métodos de prueba pueden requerir equipo especializado no disponible universalmente
ISO 6722		No siempre es compatible con normativas específicas de ciertos países.
	Se enfoca en cables multi conductor blindados y sin blindar para vehículos de carretera	Menos adecuada para aplicaciones de cableado simple comparado con ISO 6722
ISO 14572		

SAE J1128	Excelente para aplicaciones que requieren resistencia a la interferencia electromagnética	La aplicación puede ser limitada fuera del entorno automotriz europeo debido a su enfoque en normativas específicas
	Ofrece requisitos específicos para la resistencia a ciertos químicos y condiciones ambientales	
	Amplia aceptación en la industria automotriz de Estados Unidos	No es ampliamente adoptada fuera de Norteamérica
	Abarca cables de propósito general, ideales para aplicaciones estándar a bajo costo	Los requisitos de prueba pueden ser menos rigurosos comparados con algunas normativas ISO, limitando su uso en aplicaciones de alta especificación
	Proporciona detalles específicos sobre la resistencia al fuego y pruebas de durabilidad	

Nota. Esta tabla compara los beneficios y limitaciones de las normas ISO 6722, ISO 14572 y SAE J1128 para el cableado automotriz.

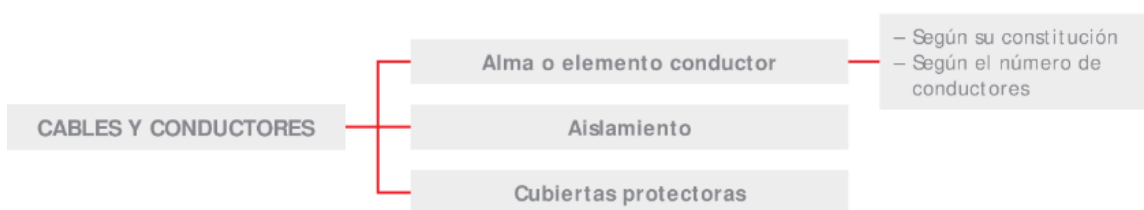
Cables y conductores

El cable

En la restauración de un vehículo clásico como el Volkswagen Beetle, el cableado eléctrico desempeña un papel crucial, garantizando tanto la transmisión de corriente como el funcionamiento adecuado de los sistemas eléctricos. Como describe Sánchez Fernández (2024), "un cable es un conductor o grupo de conductores generalmente cubierto por un material aislante" (p. 8), lo cual permite una conducción segura y eficiente de electricidad, además para que un material pueda conducir corriente eléctrica, es fundamental que posea electrones libres en su estructura, una característica común en los metales y otros materiales conductores como el carbono y el agua, pues a medida que aumenta la cantidad de este tipo de electrones, la conductividad del material también se incrementa (Gordon Maltby, 2020)

Figura 19

Clasificación de cables y conductores



(Sanchez Fernandez, 2024)

Composición de los conductores

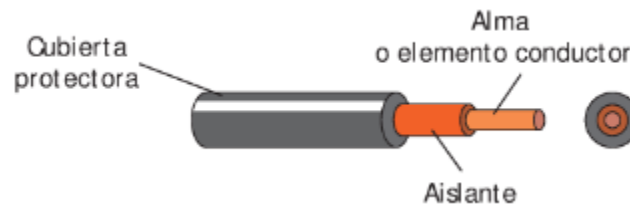
La composición de los conductores eléctricos es fundamental en cualquier sistema eléctrico, ya que cada componente cumple funciones específicas que aseguran el

adecuado flujo de electricidad y la protección contra daños externos **Figura 20**

Estructura de un cable conductor con sus componentes principales.

Figura 20

Estructura de un cable conductor con sus componentes principales



(Sanchez Fernandez, 2024)

Alma o elemento conductor

Sánchez Fernández (2024) define el alma o núcleo del conductor como el "camino para la energía eléctrica hacia los distintos puntos de consumo" (p. 8), señalando que suele estar fabricado en cobre o aluminio debido a su alta conductividad. La selección de estos metales asegura una transmisión eficiente de energía en sistemas eléctricos automotrices, permitiendo un flujo constante de electricidad con mínimas pérdidas, una característica crucial para vehículos clásicos que requieren sistemas eléctricos fiables y duraderos.

Aislante eléctrico

Además del núcleo, el aislamiento es otro componente fundamental, ya que el material aislante, al no ser conductor, bloquea el paso de la corriente, manteniéndola en su trayectoria correcta. Este aislamiento, elaborado con materiales como PVC, polietileno o polipropileno, protege el sistema al prevenir cortocircuitos y asegurando que la corriente permanezca controlada dentro del conductor. En comparación, Quijano Rengifo

(2024) subraya la importancia de seleccionar el material aislante en función de "su capacidad para soportar la intensidad de corriente necesaria para el transporte de energía" (p. 21).

Cubiertas protectoras

La cubierta protectora, como señala Sánchez Fernández (2024), "preserva la integridad del aislamiento y del núcleo conductor frente a daños mecánicos como raspaduras, impactos, entre otros" (p. 9). Esta capa externa es particularmente crucial en aplicaciones donde el conductor podría enfrentarse a condiciones adversas, y resulta indispensable en la restauración de vehículos antiguos, donde cada componente debe resistir tanto el desgaste mecánico como el ambiental.

Resistividad

La resistividad es una propiedad clave en el análisis de materiales conductores, ya que define la capacidad de un material para resistir el flujo de corriente eléctrica. Esta propiedad se representa con el símbolo ρ y se mide en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, lo que describe la resistencia específica que un material presenta, considerando su sección transversal y longitud a una temperatura dada (Sanchez Fernandez, 2024).

La resistencia R de un conductor se encuentra directamente vinculada a su resistividad y depende de factores como la longitud L y el área de la sección S del material. Esta relación se formula como:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

R: resistencia (Ω)

ρ : resistividad del conductor ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

L: longitud del conducto (mm^2)

S: sección (m)

También, es posible utilizar la conductividad la cual se establece como:

$$R = \frac{L}{\sigma S}$$

Donde:

R: resistencia (Ω)

σ : conductividad del material (siemens por metro)

L: longitud del conducto (mm^2)

S: sección (m)

Características del conductor eléctrico según la norma ISO 6722

Rango de temperatura en los cables

La norma ISO 6722 pone especial énfasis en la resistencia térmica y mecánica de los cables, garantizando que los conductores puedan resistir condiciones extremas de temperatura y las vibraciones características de los vehículos automotrices.

Los cables están diseñados para soportar condiciones extremas, como altas y bajas temperaturas, así como resistencia a la abrasión, lo que demuestra la relevancia de aplicar normas estandarizadas para asegurar la calidad y seguridad en productos esenciales.

El estudio de los rangos de temperatura y las especificaciones de los conductores en la norma ISO 6722 proporciona una comprensión detallada de los requisitos técnicos para los cables utilizados en vehículos de carretera, lo que establece ocho clases de temperatura, que van desde la Clase A, con un rango que abarca de -40°C a 85°C , hasta la Clase H, que soporta temperaturas extremas entre -40°C y 250°C (ISO, 2019).

Tabla 9

Clases de temperatura para cables automotrices

Clase	Temperatura
A	-40°C a 85°C
B	-40°C a 100°C
C	-40°C a 125°C
D	-40°C a 150°C
E	-40°C a 175°C
F	-40°C a 200°C
G	-40°C a 225°C
H	-40°C a 250°C

Nota. La tabla muestra el rango de temperaturas de funcionamiento de diferentes clases según normas industriales específicas. Adaptado de (international organization for standardization, 2019)

Tipo de material

La norma permite el uso de conductores tanto de cobre como de aluminio de tamaño igual o superior a 0,5 mm² deben estar fabricados con cobre recocido suave o cobre recocido comprimido o compactado y para los conductores de menos de 0,5 mm², se permite el uso de cobre recocido suave, cobre recocido comprimido o compactado, cobre sin recocer o una aleación de cobre (Reagens, 2022). Esta versatilidad en los materiales permite a los fabricantes seleccionar la opción más adecuada según las necesidades del sistema automotriz específico.

Tabla 10

Especificaciones de conductores

Norma	Descripción
ASTM B1	Alambre de cobre estirado en frío
ASTM B3 o EN 13602	Alambre de cobre blando o recocido
ASTM B33 o EN 13602	Alambre de cobre blando o recocido recubierto de estaño
ASTM B298	Alambre de cobre blando o recocido recubierto de plata
Norma ASTM B355	Alambre de cobre blando o recocido recubierto de níquel

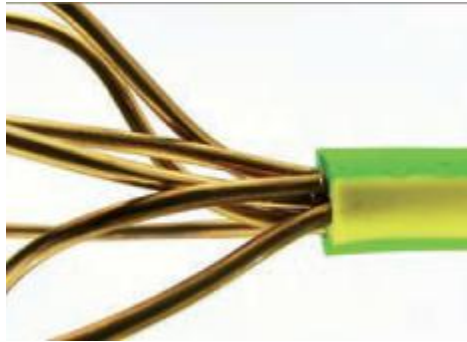
Nota. Los conductores revestidos de plata y níquel están diseñados para usarse con clasificaciones de "clase de temperatura" altas. (international organization for standardization, 2019)

Tamaño del cable

El sistema de medición de calibre de alambre en Estados Unidos, conocido como American Wire Gauge (AWG), se emplea frecuentemente para definir el tamaño de los conductores eléctricos en función de su diámetro y área de sección transversal, de modo que este sistema facilita la selección del calibre adecuado para asegurar un transporte eficiente de corriente (Aquino et al., 2020).

Figura 21

flexible cable



(Rogers, 2022)

El sistema AWG organiza los cables según su capacidad para conducir corriente sin riesgo de sobrecalentamiento, de hecho, los calibres menores en AWG presentan menor resistencia y pueden transportar una mayor corriente, lo cual es crucial en vehículos que requieren un desempeño eléctrico estable en condiciones extremas (Alhashimi et al., 2019). Esto significa que escoger el calibre de cable adecuado no solo reduce las pérdidas de energía, sino que también optimiza la eficiencia del sistema eléctrico en general.

La estructura multifilar proporciona flexibilidad, algo esencial en los sistemas automotrices, donde los cables deben adaptarse a espacios reducidos y acompañar el movimiento de la estructura del vehículo **Tabla 11**.

Tabla 11

Especificaciones de sección, número de hilos y diámetro exterior de cables

Sección en mm²	N.º AWG	N.º de hilos y diámetro en mm	Diámetro exterior con aislamiento en mm
0,75	18	10 × 0,30	2,6 – 3,1
1	16	13 × 0,30	2,6 – 3,1
1,5	14	30 × 0,25	2,8 – 3,5
2,5	12	50 × 0,25	3,5 – 4
4	10	56 × 0,30	4,2 – 5

Nota: Esta tabla muestra la relación entre la sección en mm², el calibre AWG, el número y diámetro de hilos, y el diámetro exterior con aislamiento en mm para diferentes tipos de cables. (Sanchez Fernandez, 2024)

Cálculos Eléctricos en la Restauración

Cálculo de la sección del conductor

Al instalar un cable en una nueva configuración, es fundamental tener en cuenta varios factores para garantizar que el cable sea adecuado para las demandas del sistema eléctrico, evitando así problemas como el sobrecalentamiento o la caída de tensión.

Factores a considerar:

- 1. Potencia (W) del componente que será alimentado.

2. Intensidad (I) que debe soportar el conductor.
3. Tensión nominal (U) del sistema, que en este caso es de 12 V

La capacidad máxima de corriente que un cable puede transportar depende de su sección y longitud (Sanchez Fernandez, 2024). Si se utiliza un cable con una sección demasiado pequeña, esto incrementará la resistencia, causando una caída de tensión considerable en el circuito y un posible sobrecalentamiento del conductor, lo cual eleva el riesgo de incendio.

Para encontrar la corriente que el cable necesita transportar, se utiliza la fórmula:

$$I = \frac{W}{U}$$

Donde:

W: la potencia del componente (en vatios, W).

U: la tensión nominal del sistema (en este caso, 12 V).

I: es la corriente en amperios (A).

Calcular la caída de tensión admisible (U_0)

La caída de tensión permitida o admisible en el circuito se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$U_0 = I \cdot R$$

U_0 : caída de tensión admisible en el conductor (en voltios, V).

I: corriente en amperios (A).

R: resistencia del conductor (en ohmios, Ω), que se calcula como:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Aquí:

ρ : resistividad del material del conductor (en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

l : longitud del conductor (en metros, m).

S: sección transversal del conductor (en mm^2).

Calcular la sección del conductor (S)

Finalmente, para determinar la sección adecuada del conductor, se usa la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\rho \cdot l}{U_0 \cdot I}$$

S: sección transversal del conductor (mm^2).

ρ : resistividad del material del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

l : longitud del conductor (metros, m).

U_0 : caída de tensión admisible en el conductor (voltios, V).

I: intensidad de corriente que debe soportar el conductor (amperios, A).

La sección del conductor, expresada en milímetros cuadrados (mm^2), determina la cantidad de corriente que el cable puede soportar sin sobrecalentarse, mientras que la densidad de corriente, medida en amperios por milímetro cuadrado (A/mm^2), ayuda a evaluar la intensidad de la corriente en relación con el área del conductor como la **Tabla 12**.

Tabla 12

Relación entre sección del conductor, corriente máxima admisible y densidad de corriente

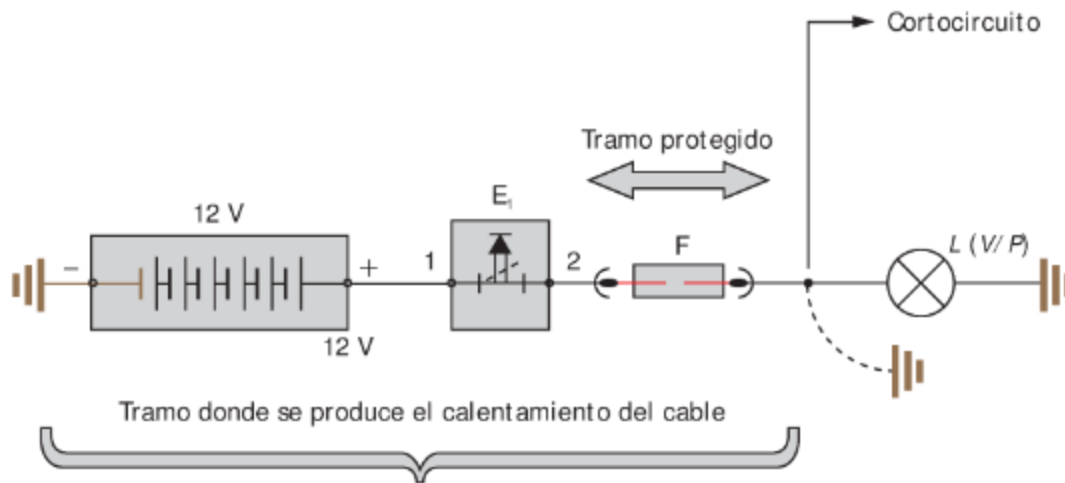
Sección conductora en mm^2	Corriente máxima admisible (A)	Densidad de corriente (A/mm^2)
0,75	7	10
1	9,6	10
1,5	13	10
2,5	18	10
4	24	10
6	31	9
10	43	8,75
15	59	7,5
25	77	6,35
35	96	5,75

50	116	5,1
----	-----	-----

Nota. La tabla detalla la corriente máxima admisible y la densidad de corriente para diferentes secciones de conductores eléctricos. Los valores son aproximados y dependen de factores como la temperatura ambiente y el aislamiento del conductor. Adaptado de (Sanchez Fernandez, 2024)

Protección de circuitos con fusibles

Los fusibles protegen los circuitos eléctricos del automóvil, evitando daños por sobrecargas, pues están hechos de una aleación de plomo y estaño, elegida por su bajo punto de fusión en comparación con el cobre. Su funcionamiento se basa en la Ley de Joule, que determina que el calor generado en el conductor aumenta con la corriente, cuando la corriente excede el límite seguro, el fusible se funde, interrumpiendo el circuito y previniendo daños en los componentes (Ashjaei et al., 2021)

Figura 22*Circuito eléctrico protegido con fusible*

(De Mecanica, n.d.)

Cuando se produce un cortocircuito, es decir, cuando el conductor de alimentación entra en contacto con la masa, la resistencia del circuito se reduce casi a cero por lo que genera un aumento considerable de la corriente en el circuito, lo que provoca un incremento brusco de la temperatura en la zona afectada. En respuesta, el fusible se funde, deteniendo el flujo de corriente y protegiendo así la instalación eléctrica de posibles daños graves (Quijano Rengifo, 2024).

$$Q = 0,24 \cdot V \cdot I \cdot t$$

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

Donde:

Q: calor generado (c).

V: tensión o d. d. p. (V)

I: es la corriente en amperios (A).

R: resistencia (Ω)

T: tiempo (s)

Metodología

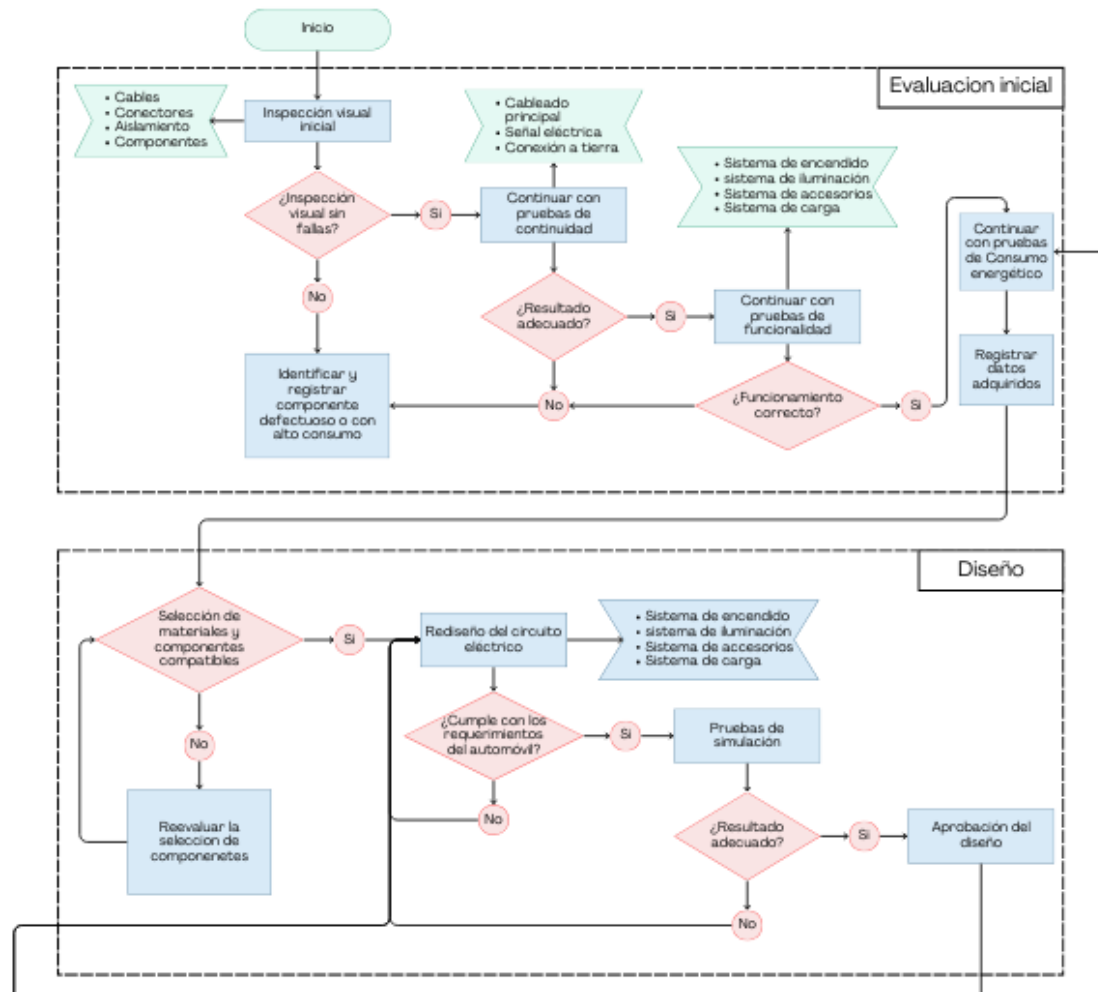
Enfoque de la Investigación

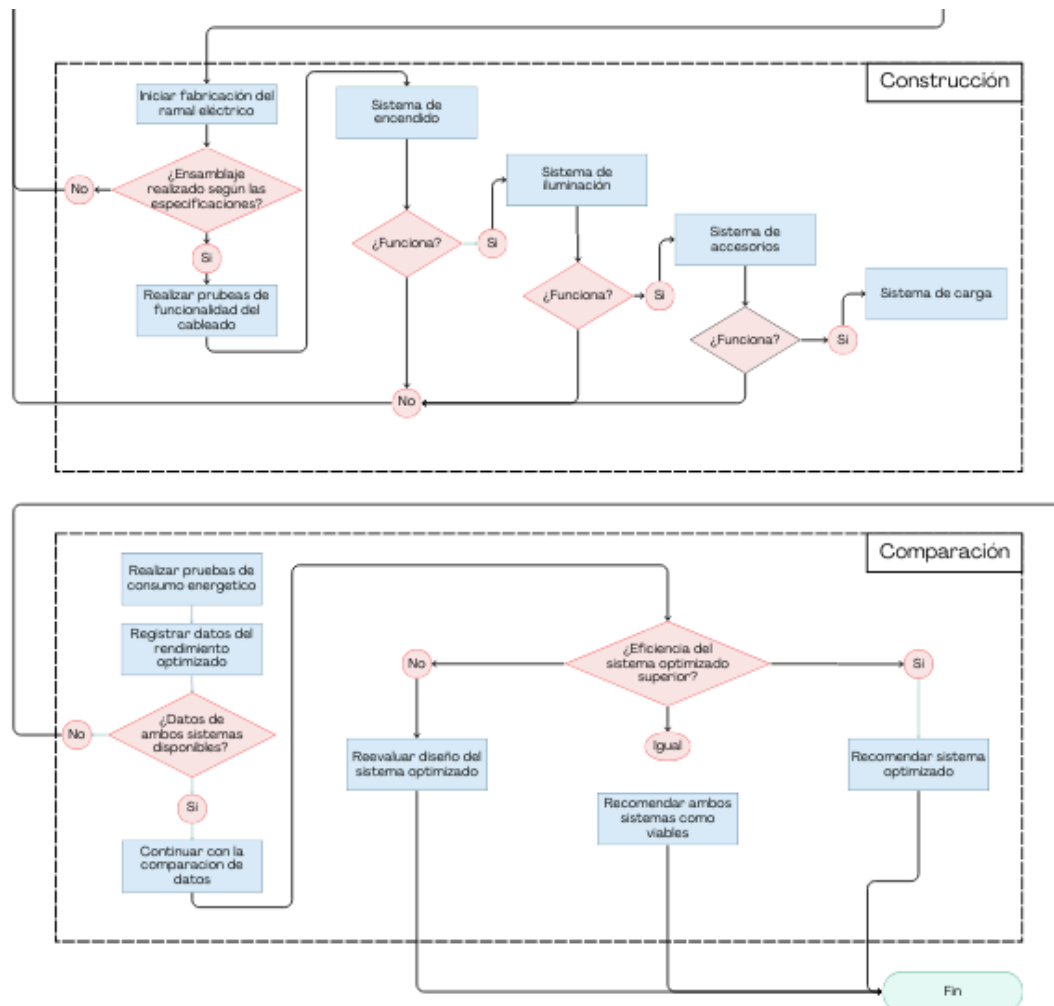
La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza de los objetivos planteados, que buscan medir, analizar y relacionar datos numéricos para responder a la problemática. Este enfoque permite recoger información objetiva y representativa, que puede ser sometida a análisis estadísticos con el fin de identificar patrones, tendencias y correlaciones.

Para visualizar y organizar de manera clara las etapas y actividades que conforman el desarrollo de esta investigación, se ha diseñado un diagrama de procesos. Este esquema permite identificar de forma sistemática cada fase del trabajo, sus interrelaciones y los pasos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

Diagrama 2

Diagrama de procesos





Diagnóstico del Sistema Eléctrico Actual

Mediante una inspección del sistema, se pueden identificar de manera rápida resistencias de paso en conectores o enchufes, las cuales suelen ser ocasionadas por oxidación o defectos mecánicos. Este tipo de inspección también permite detectar daños importantes en sensores, actuadores y cables, como los que resultan de mordeduras de roedores.

El diagnóstico, se enfoca en los componentes clave del ramal eléctrico, tales como cables, conexiones, relés, fusibles y otros accesorios eléctricos, ya que un diagnóstico preciso no

solo permite identificar fallos actuales en el sistema, sino que también resulta esencial para prevenir problemas futuros y prolongar la vida útil de los componentes eléctricos.

Sistema de Encendido

- 1.1. Inspección Visual

La inspección visual constituye el primer paso fundamental en el diagnóstico del sistema eléctrico, ya que facilita la identificación rápida de fallos o anomalías en sus componentes, también este proceso implica un análisis detallado del estado físico de elementos clave como fusibles, cables, conexiones y componentes principales del sistema de encendido, entre ellos el motor de arranque y la bobina de encendido, ya que esta revisión inicial permite detectar problemas evidentes y establece la base para evaluaciones más profundas y técnicas.

Para facilitar la comprensión de este sistema, se incluye a continuación una tabla que describe en detalle los principales componentes, sus funciones y su impacto en el funcionamiento general.

Tabla 13

Elementos del sistema de encendido

Elemento	Función
Batería	Almacenar y suministrar energía eléctrica al sistema de encendido y otros componentes.
Llave de encendido	Actuar como interruptor para cerrar el circuito eléctrico del sistema de encendido.

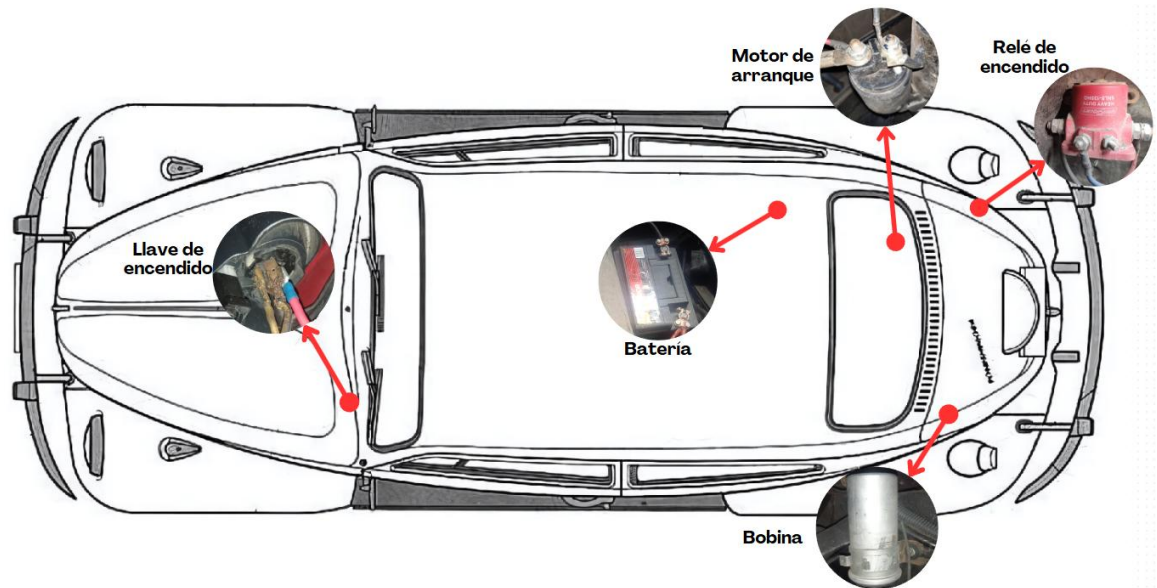
Bobina de encendido	Transformar la corriente de baja tensión de la batería en alta tensión para las bujías.
Motor de arranque	Proporcionar el movimiento inicial al motor para iniciar el ciclo de combustión.
Relé de encendido	Activar el motor de arranque al recibir la señal de la llave de encendido.

Nota. Esta tabla describe los principales elementos del sistema de encendido en vehículos automotores y sus respectivas funciones.

La imagen presentada ofrece una representación técnica detallada de la disposición de los componentes del sistema de encendido con los elementos clave como la batería, la bobina de encendido y el motor de arranque que están ubicados de acuerdo con sus conexiones funcionales dentro del sistema.

Figura 23

Ubicación de los elementos del sistema de encendido



Este esquema técnico facilita la identificación precisa de cada componente, lo que resulta fundamental para realizar tareas de diagnóstico, mantenimiento y reparación.

Además, muestra cómo estos elementos interactúan dentro del compartimiento del motor.

Pasos para la inspección del sistema de encendido

Estas etapas están concebidas para detectar signos de desgaste, acumulación de suciedad, daños visibles o fallas en el aislamiento eléctrico, factores esenciales para garantizar la confiabilidad y el rendimiento del sistema de encendido. Este enfoque metódico no solo asegura un funcionamiento continuo y estable, sino que también reduce significativamente el riesgo de fallos inesperados y contribuye a extender la vida útil de los componentes clave del sistema **Tabla 14**.

Tabla 14

Pasos y descripciones para la inspección del sistema de encendido

Paso	Descripción	Fotografía
Examen general	Se observa el estado general de los componentes del sistema de encendido, verificando desgaste, suciedad o daños visibles.	
	Fusibles de encendido	
Revisión de Conectores	Se inspeccionan los conectores eléctricos de la bobina, el distribuidor y el motor de arranque, buscando oxidación, suciedad o conexiones flojas.	
	Conexiones del motor de arranque	

Detección de Daños Físicos	Se examinan los cables, la carcasa del distribuidor y otros componentes para identificar cortes, grietas o cables expuestos.	 Conexiones del switch de encendido
Evaluación de Aislamiento	Se verifica el aislamiento de los cables y terminales para detectar desgaste, rigidez excesiva o zonas rotas.	 Conexiones de la bobina

Pasos para efectuar pruebas de continuidad del sistema de encendido

Se explica los pasos fundamentales para efectuar una prueba de continuidad con un multímetro. Este procedimiento estructurado permite identificar problemas eléctricos de forma rápida y precisa, favoreciendo un mantenimiento eficaz y previniendo fallas más graves en los sistemas eléctricos como la **Tabla 15**.

Tabla 15

Procedimiento para la Prueba de Continuidad Eléctrica con Multímetro

Paso	Descripción	Fotografía
Preparación	Se apaga el sistema de encendido del vehículo, se desconecta la batería para evitar cortocircuitos y se configura el multímetro en el modo de continuidad.	
Conexión del Multímetro	Se colocan las puntas del multímetro en los extremos del circuito o cable que se desea probar.	
Observación de Resultados	Se verifica si el multímetro emite un pitido o muestra un valor cercano a cero, lo que indica continuidad eléctrica.	

Identificación de Interrupciones	Si no hay pitido o el valor es alto, se identifica el área específica del cable o componente con el problema.	
---	---	---

Pasos para la medición de corriente del sistema de encendido

Se detalla el procedimiento técnico para realizar una medición de corriente empleando una pinza amperimétrica. Este proceso incluye desde la correcta elección del instrumento y su configuración inicial, hasta la ejecución de la medición y el registro adecuado de los resultados. Seguir estos pasos asegura la obtención de datos precisos y confiables, lo que facilita el análisis del rendimiento eléctrico del sistema y la identificación de posibles irregularidades como lo muestra la **Tabla 16**.

Tabla 16

Procedimiento para medir el consumo de corriente en el sistema de arranque

Etapa	Descripción	Fotografía
--------------	--------------------	-------------------

Selección del Instrumento

Se asegura que la pinza amperimétrica esté calibrada y sea adecuada para medir corriente continua (CC) y picos de arranque.

**Configuración Inicial**

Se enciende la pinza amperimétrica y se selecciona el modo de medición de corriente continua y se ajusta el rango para soportar valores altos de corriente.

**Apertura de la Pinza**

Se abre el anillo de la pinza amperimétrica y se coloca alrededor del cable positivo que conecta la batería con el motor de arranque.



Activación del Arranque

Se solicita a un operador que gire la llave de encendido o active el sistema de arranque mientras se observa el comportamiento en la pantalla de la pinza amperimétrica.

**Medición de la Corriente**

Se registra el pico de corriente indicado por la pinza durante el arranque del motor, correspondiente al consumo máximo.



Sistema de Iluminación

El sistema de iluminación del vehículo es un componente esencial para garantizar una conducción segura, permitiendo una visibilidad adecuada en diferentes condiciones ambientales, además cumplen una función crítica al iluminar el camino por delante del conductor y de visualización o ubicación del vehículo para otros conductores, además su diseño, montaje y uso buscan maximizar su eficacia y garantizar la seguridad vial. a continuación, se presenta una tabla que describe los principales componentes del sistema de iluminación, junto con sus funciones y su impacto en el rendimiento general.

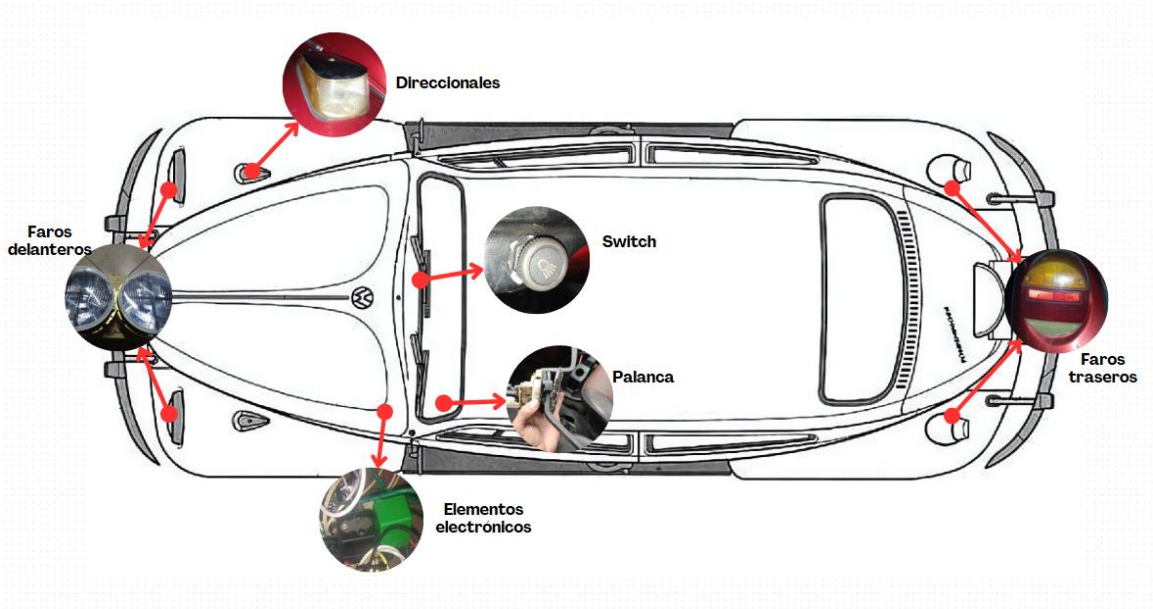
Tabla 17*Componentes del sistema de iluminación y sus funciones*

Elemento	Función
Batería	Proveer energía eléctrica al sistema de iluminación.
Interruptor de luces	Controlar el encendido y apagado de las luces principales y secundarias del vehículo.
Faros delanteros	Iluminar el camino por delante del vehículo, proporcionando visibilidad en condiciones de poca luz.
Luces traseras	Señalar la posición del vehículo y alertar a los demás conductores durante frenadas o cambios de dirección.
Conexiones y cables	Conducir la energía eléctrica desde la batería hasta los diferentes componentes del sistema.

La siguiente Figura muestra la disposición técnica de los componentes del sistema de luces dentro del vehículo, mostrando cómo están organizados y conectados para garantizar un funcionamiento eficiente.

Figura 24

Ubicación de los elementos del sistema de luces



• 2.1. Inspección Visual

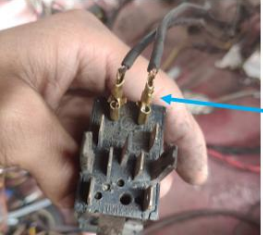
Pasos para la inspección del sistema de luces

La inspección del sistema de luces incluye una serie de pasos diseñados para identificar problemas comunes como desgaste, suciedad, conexiones flojas o fallas en los focos. Este enfoque asegura la confiabilidad del sistema y contribuye a prevenir incidentes durante su uso.

Tabla 18

Procedimiento para inspeccionar el sistema de iluminación del vehículo

Paso	Descripción	Fotografía
------	-------------	------------

Examen general	Se revisa el estado físico de los focos y carcasas, verificando posibles grietas, suciedad o humedad acumulada.	 Fusibles del sistema de luces
Revisión de conectores	Se inspeccionan los conectores eléctricos para detectar oxidación, conexiones flojas o daños en los terminales.	 Terminal H4 Faro delantero
Prueba de focos	Se encienden las luces para verificar que todos los focos funcionen correctamente y con la intensidad adecuada.	
Evaluación de cables	Se examina el estado de los cables y su aislamiento, identificando posibles	 Mala conexión o falso contacto

cortes, rigidez o puntos desgastados.
--

Pasos para efectuar pruebas de continuidad del sistema de luces

se detalla el procedimiento para realizar una prueba de continuidad eléctrica en el sistema de luces con un multímetro, permitiendo identificar interrupciones en los cables y conexiones.

Tabla 19

Procedimiento para verificar la continuidad eléctrica en el sistema de iluminación

Paso	Descripción	Fotografía
Preparación	Se apaga el sistema eléctrico, se desconecta la batería y se configura el multímetro en el modo de continuidad.	
Conexión del multímetro	Se colocan las puntas del multímetro en los extremos del cable o conector del sistema de iluminación que se desea probar.	

Observación de resultados	Se verifica si el multímetro emite un pitido o muestra un valor cercano a cero, lo que indica continuidad eléctrica.	
Identificación de interrupciones	Si no hay pitido o el valor es alto, se localiza el área específica del cable, conector o componente (foco, interruptor) con problemas.	

Pasos para la medición de corriente del sistema de luces

El siguiente procedimiento explica cómo medir la corriente del sistema de luces con una pinza amperimétrica como la **Tabla 20**. Este proceso asegura datos precisos para evaluar el consumo energético y detectar irregularidades.

Tabla 20

Procedimiento para medir el consumo eléctrico del sistema de iluminación

Etapa	Descripción	Fotografía
-------	-------------	------------

Configuración inicial	Se enciende la pinza amperimétrica, seleccionando el modo de medición de corriente continua y ajustando el rango necesario.	
Apertura de la pinza	Se abre el anillo de la pinza amperimétrica y se coloca alrededor del cable que alimenta las luces.	
Encendido de luces	Se activan las luces del vehículo para medir el consumo eléctrico en tiempo real.	
Medición de la corriente	Se registra el valor de corriente mostrado en la pinza, correspondiente al consumo del sistema de luces.	

Sistema de Accesorios

La inspección visual del sistema de accesorios como lo muestra la **Tabla 21** permite identificar problemas evidentes en los componentes eléctricos asociados. Según Sánchez Fernández (2024), esta etapa consiste en revisar fusibles, conexiones y terminales en busca de oxidación, suciedad o daños físicos. Además, se verifica el estado del cableado y la integridad de los accesorios como el limpiaparabrisas, la bocina y el sistema de audio.

Tabla 21

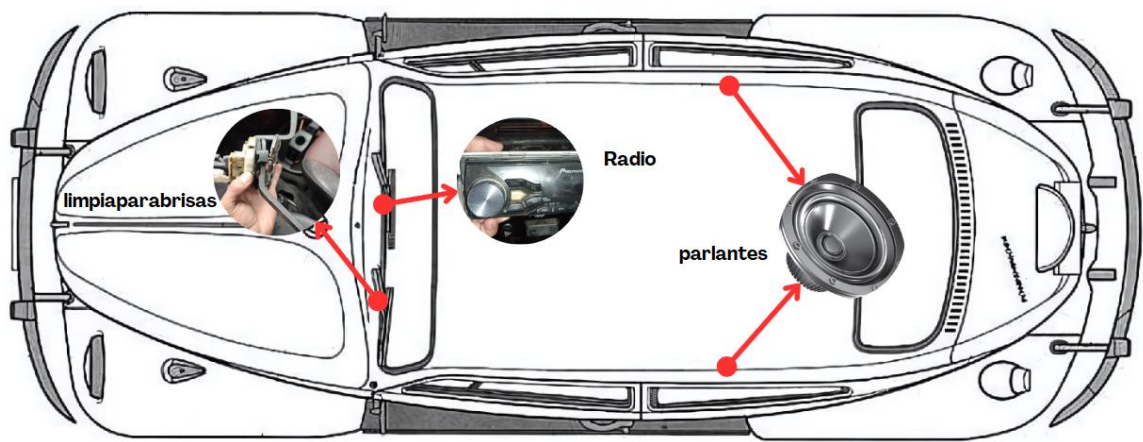
Componentes auxiliares del sistema eléctrico del vehículo y sus funciones

Elemento	Función
Radio	Proveer entretenimiento e información al conductor mediante señales de radio, Bluetooth u otros medios.
Limpiaparabrisas	Limpiar el parabrisas para garantizar una visibilidad óptima durante la conducción bajo condiciones adversas.
Conexiones y cables	Proveer energía y conectividad eléctrica entre los accesorios y la batería del vehículo.

Nota. La tabla presenta una descripción funcional de los componentes clave del sistema de accesorios, permitiendo identificar su propósito y cómo se relacionan con la seguridad y comodidad del conductor.

Figura 25

Ubicación de los elementos del sistema de accesorios del vehículo

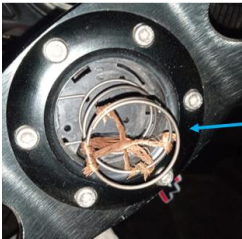


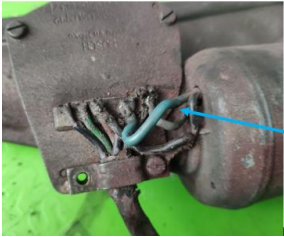
Inspección del sistema de accesorios

La inspección del sistema de accesorios abarca una revisión exhaustiva de sus componentes eléctricos y mecánicos, como el radio y el limpiaparabrisas, con el objetivo de detectar fallos en las conexiones, desgaste en los cables o problemas en el funcionamiento mecánico.

Tabla 22

Inspección visual del sistema de accesorios

Paso	Descripción	Fotografía
Revisión de conectores	Se inspeccionan los conectores eléctricos para detectar oxidación, cables flojos o conexiones dañadas.	 Mala conexión o falso contacto

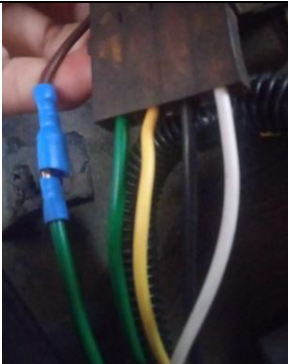
Prueba de funcionamiento del radio	Se enciende el radio para verificar la calidad de la señal, el funcionamiento de los controles y la conexión de altavoces.	
Prueba de funcionamiento del limpiaparabrisas	Se activa el limpiaparabrisas para evaluar la velocidad, el recorrido y el estado de las escobillas.	 Unión defectuosa

Las pruebas de continuidad permiten identificar interrupciones en los circuitos, lo cual es fundamental para evitar fallos en el radio, limpiaparabrisas u otros accesorios (Jiménez, 2024).

Tabla 23

Diagnostico de continuidad del sistema de accesorios

Paso	Descripción	Fotografía
Preparación	Se apaga el sistema eléctrico, se desconecta la batería y se configura el multímetro en el modo de continuidad.	

Conexión del multímetro	Se colocan las puntas del multímetro en los extremos del circuito o conector del accesorio (radio y limpiaparabrisas) que se desea probar.	
Observación de resultados	Se verifica si el multímetro emite un pitido o muestra un valor cercano a cero, lo que indica continuidad en el circuito del accesorio.	

Nota. El procedimiento descrito permite diagnosticar problemas eléctricos en el sistema de accesorios de manera precisa y eficiente

La medición de corriente en el sistema de accesorios permite evaluar el consumo energético de cada componente, asegurando que operen dentro de los parámetros esperados. Usar una pinza amperimétrica para estas mediciones facilita el diagnóstico de fallos en el consumo excesivo o insuficiente de energía por parte del radio y el limpiaparabrisas.

Tabla 24

Consumo eléctrico del sistema de accesorios

Etapa	Descripción	Fotografía
-------	-------------	------------

	Se asegura que la pinza amperimétrica esté	
Selección del instrumento	calibrada y sea adecuada para medir corriente continua (CC) utilizada en el sistema de accesorios.	
Configuración inicial	Se enciende la pinza amperimétrica, seleccionando el modo de medición de corriente continua y ajustando el rango necesario.	
Activación del componente	Se enciende el accesorio (radio y limpiaparabrisas) para medir el consumo eléctrico en tiempo real durante su funcionamiento.	
edición de la corriente	Se registra el valor de corriente mostrado en la pinza, correspondiente al consumo del accesorio.	

Nota. Este procedimiento asegura la medición precisa del consumo eléctrico en el sistema de accesorios, permitiendo identificar posibles irregularidades y optimizar su funcionamiento

2. Sistema de Carga

La inspección visual en el sistema de carga es un paso clave para detectar posibles daños que puedan interrumpir el flujo de energía en el ramal eléctrico. Como señala Sánchez Fernández (2024), este procedimiento preliminar facilita la identificación de puntos de falla que podrían comprometer la operatividad del alternador y la batería, asegurando así la funcionalidad y eficiencia del sistema eléctrico.

La siguiente **Tabla 25** detalla los componentes principales del sistema de carga y sus respectivas funciones

Tabla 25

Elementos del sistema de carga del vehículo

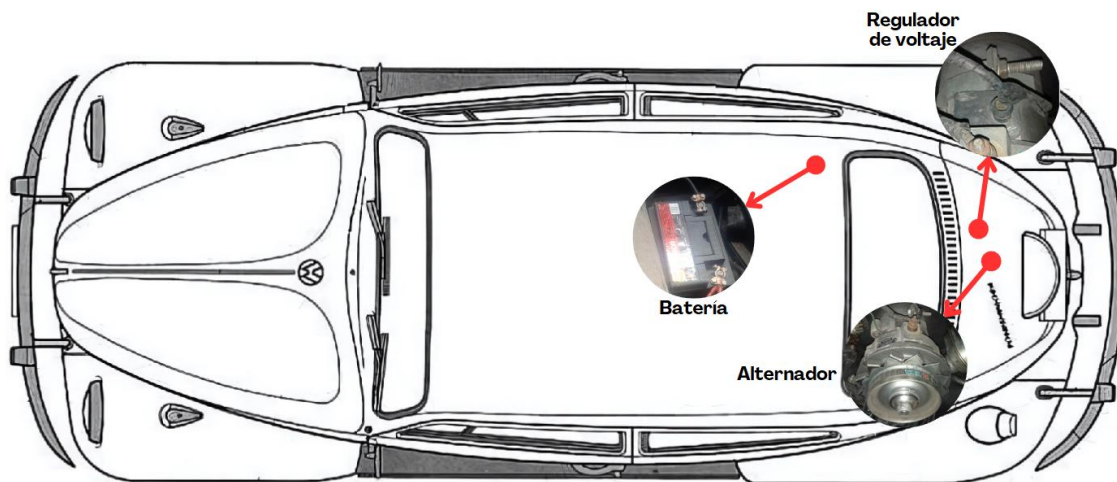
Elemento	Función
Alternador	Generar corriente alterna (CA) y convertirla en corriente continua (CC) mediante un puente rectificador.
Batería	Almacenar la energía generada por el alternador para alimentar los sistemas eléctricos cuando el motor está apagado.
Regulador de voltaje	Mantener un nivel constante de voltaje generado por el alternador para proteger los componentes eléctricos.
Cables de conexión	Conducir la energía entre el alternador, la batería y los dispositivos eléctricos del vehículo.

Nota. La tabla proporciona una descripción clara y concisa de los componentes clave del sistema de carga, destacando las funciones específicas del alternador y su papel central en el suministro de energía eléctrica.

En el centro de este sistema se encuentra el alternador, cuya función principal es generar corriente alterna y convertirla en corriente continua para su uso en el vehículo. Este proceso asegura un suministro constante de energía, incluso cuando el vehículo opera bajo altas demandas eléctricas como muestra la **Tabla 28**.

Figura 26

Elementos situados en el vehículo



Inspección Visual

Una inspección exhaustiva del sistema de carga se enfoca en analizar el estado físico del alternador y los componentes relacionados, como los cables y terminales por ende este procedimiento facilita la identificación de problemas, tales como conexiones flojas, desgaste en el cableado o defectos internos en el alternador. Según estudios recientes, el mantenimiento preventivo del alternador puede prolongar considerablemente su vida útil y prevenir averías inesperadas en carretera

Tabla 26

Inspección visual del sistema de carga

Paso	Descripción	Fotografía
Examen general	Se revisa el estado físico del alternador, incluyendo la carcasa, las conexiones y las correas asociadas.	 Presencia de oxido en las conexiones
Revisión de conectores	Se inspeccionan los terminales del alternador y los cables para detectar corrosión, oxidación o conexiones flojas.	
Prueba de correas	Se evalúa la tensión y el estado de la correa que conecta el alternador con el motor para asegurar un funcionamiento eficiente.	
Revisión del regulador de voltaje	Se verifica que el regulador de voltaje mantenga un nivel de voltaje constante durante la operación del alternador.	

Nota. El procedimiento descrito en esta tabla es crucial para diagnosticar problemas eléctricos en el sistema de carga, asegurando un flujo constante de energía desde el alternador hacia el resto del sistema

Pruebas de continuidad en el sistema de carga

La continuidad eléctrica en el sistema de carga **Tabla 27** garantiza un flujo adecuado de energía desde el alternador hacia la batería y los dispositivos eléctricos del vehículo.

Tabla 27

Pruebas de continuidad del sistema de carga

Paso	Descripción	Fotografía
Preparación	Se apaga el motor, se desconecta la batería y se configura el multímetro en el modo de continuidad.	
Conexión del multímetro	Se colocan las puntas del multímetro en los terminales del alternador y en las conexiones del regulador de voltaje.	

Observación de resultados	Se verifica si el multímetro emite un pitido o muestra un valor cercano a cero, lo que indica continuidad eléctrica.	
Identificación de interrupciones	Si no hay pitido o el valor es alto, se localiza el área específica del cable o conexión con problemas.	

Medir la corriente en el alternador es esencial para analizar su desempeño y confirmar que produce la energía necesaria para alimentar el sistema eléctrico del vehículo. El uso de una pinza amperimétrica facilita esta tarea, permitiendo obtener mediciones de forma rápida y segura, sin requerir la desconexión de cables como en la **Tabla 28**.

Tabla 28

Prueba de consumo eléctrico del sistema de carga

Etapa	Descripción	Fotografía
-------	-------------	------------

Configuración inicial

Se enciende la pinza amperimétrica, seleccionando el modo de medición de corriente y ajustando el rango necesario.

**Apertura de la pinza**

Se abre el anillo de la pinza amperimétrica y se coloca alrededor del cable principal de salida del alternador.

**Arranque del motor**

Se enciende el motor del vehículo para que el alternador comience a generar corriente eléctrica.



Diseño del sistema eléctrico**Software Proteus**

Proteus es un software reconocido en el ámbito de la ingeniería eléctrica y electrónica por su capacidad para diseñar y simular circuitos. En este proyecto, se optó

por utilizar su versión estudiantil debido a su facilidad de acceso, versatilidad y habilidad para representar gráficamente sistemas eléctricos complejos de manera efectiva.

Diagrama eléctrico del sistema de encendido

El diagrama eléctrico presentado representa un sistema básico que consta de tres componentes principales: un interruptor de encendido, una batería y un motor. Este sistema ilustra la conexión fundamental de un circuito eléctrico diseñado para activar un motor mediante el control de un interruptor.

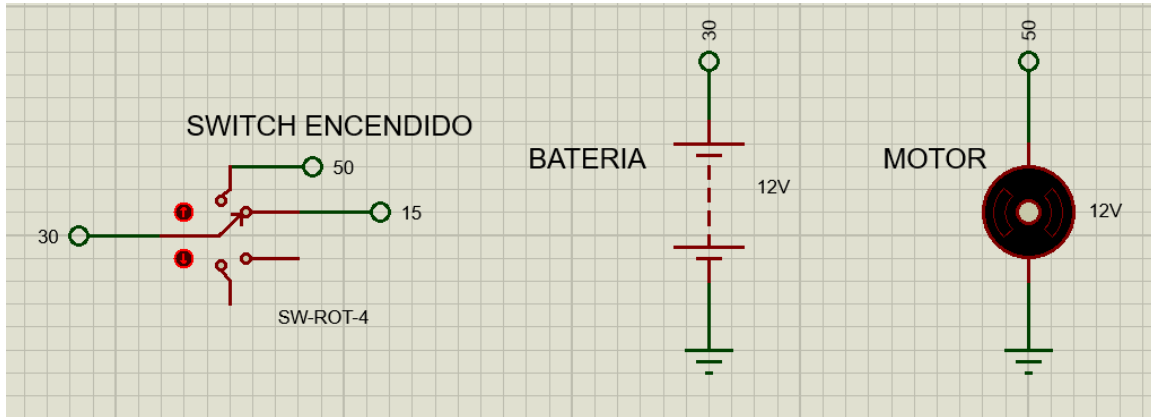
El interruptor de encendido, identificado como SW-ROT-4, es un componente rotativo de cuatro pines que regula el flujo de corriente en el circuito. Sus terminales están etiquetados como 30, 50 y 15, cada uno con funciones específicas como se muestra en

Diagrama 3:

- Terminal 30: Recibe la corriente directa proveniente de la batería.
- Terminal 50: Conduce la corriente hacia el motor, activándolo únicamente cuando el interruptor está en la posición de encendido.
- Terminal 15: Puede utilizarse para suministrar energía a otros dispositivos eléctricos, como accesorios, según el estado del interruptor.

Diagrama 3

Diagrama eléctrico del sistema de encendido



Nota. El software Proteus Professional fue utilizado con la licencia de aprendizaje

Funcionamiento

El sistema opera en dos estados principales:

1. Estado apagado: Cuando el interruptor está en posición de apagado, el circuito permanece abierto, evitando que la corriente fluya desde la batería al motor. En este estado, el motor no se activa.
2. Estado encendido: Al colocar el interruptor en la posición de encendido, se establece una conexión entre los terminales 30 y 50. Esto permite que la corriente fluya desde la batería hasta el motor, activándolo y cumpliendo su función.

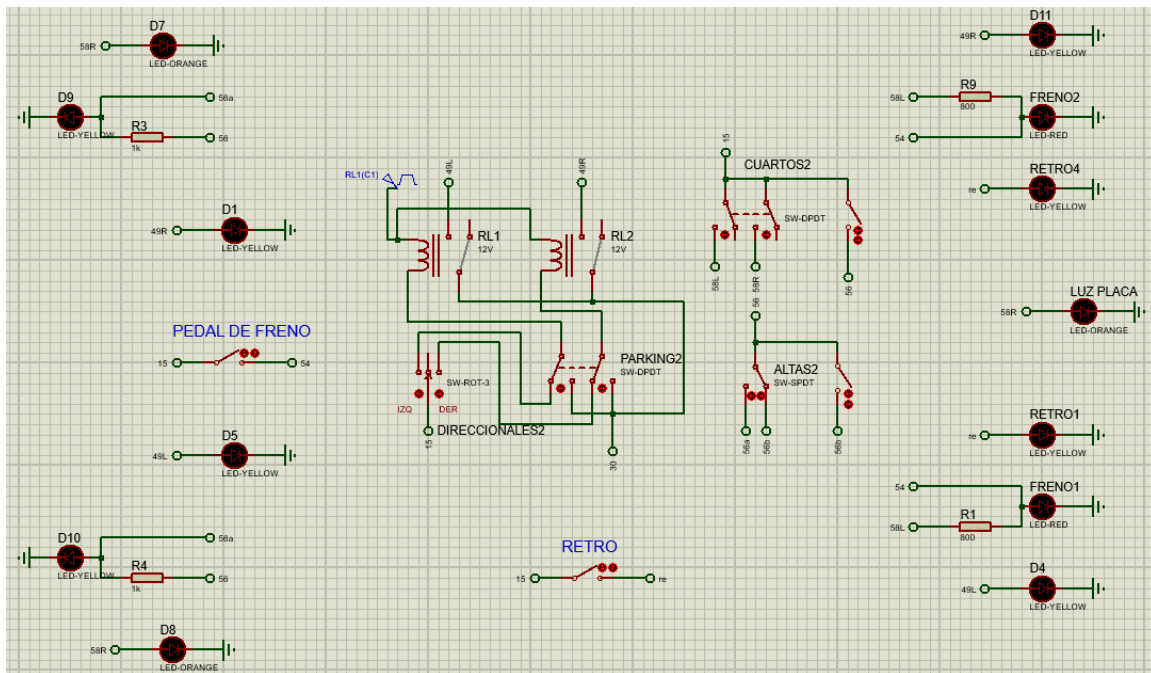
Diagrama eléctrico del sistema de iluminación

El diagrama del sistema eléctrico de iluminación para el vehículo, incluye funciones esenciales como luces de cuartos, medias, altas, direccionales, freno, estacionamiento (parking) y retroceso que muestra el **Diagrama 4**. El sistema utiliza

relevadores, interruptores y LEDs para simular el funcionamiento de cada conjunto de luces.

Diagrama 4

Diagrama eléctrico del sistema de iluminación



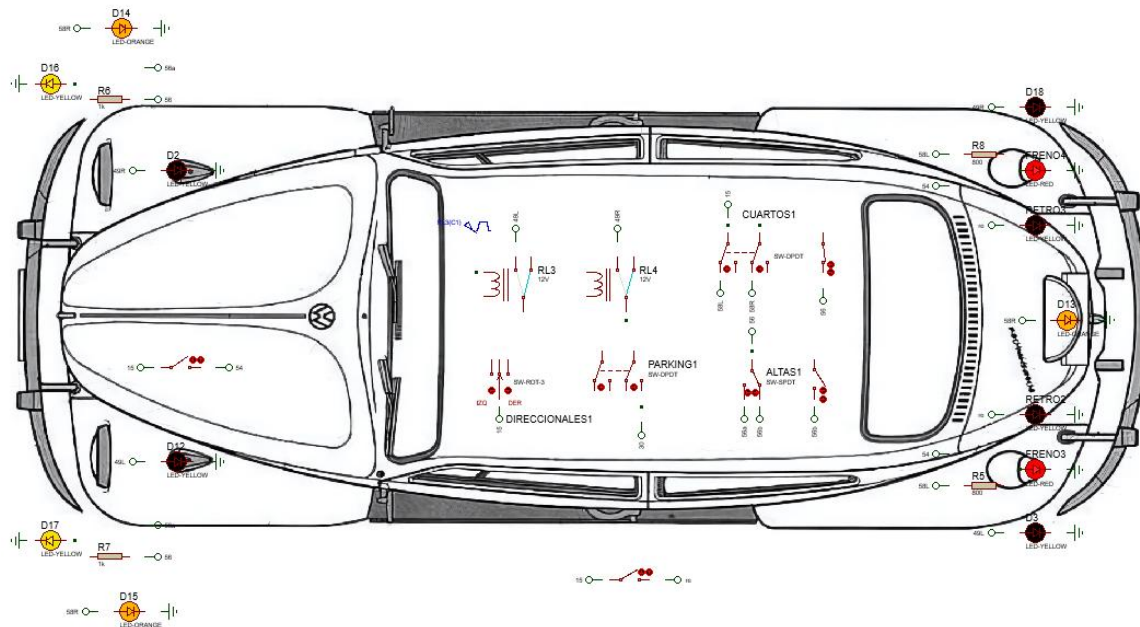
Nota. El software Proteus Professional fue utilizado con la licencia de aprendizaje

Sistema de cuartos y medias

- Descripción: Este sistema opera mediante un interruptor de doble polo y doble tiro (SW-DPDT) que controla la activación de las luces de cuartos y medias.
- Detalles: Las luces de cuartos están representadas por LEDs naranjas (D8), mientras que las luces medias son simuladas por LEDs amarillos.

Diagrama 5

Diagrama implementado del sistema eléctrico de iluminación

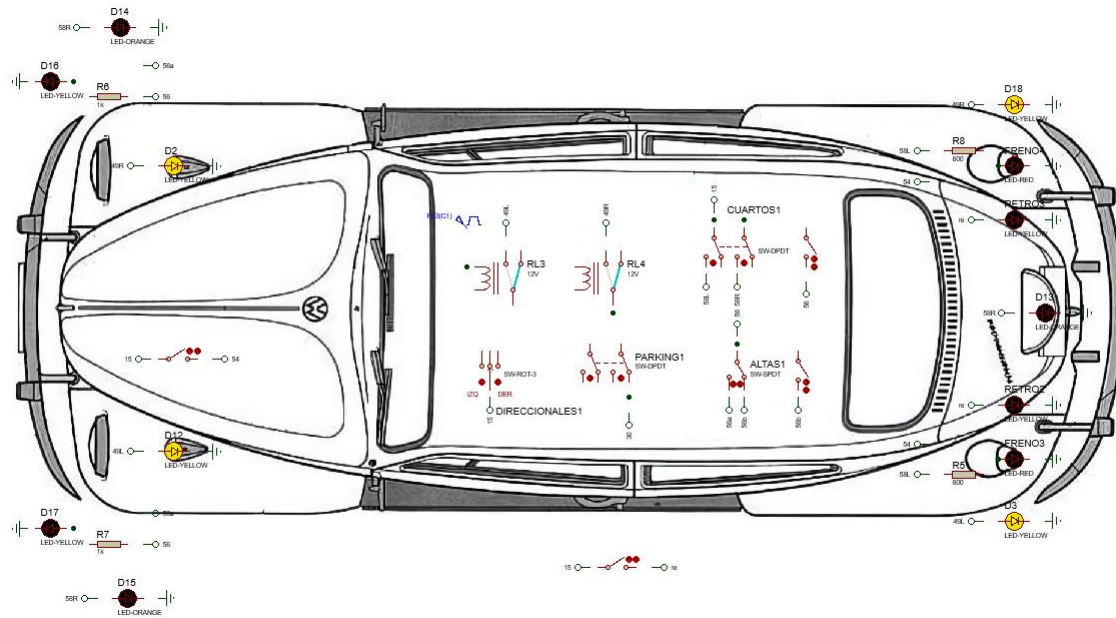


Sistema de direccionales y parking

- Descripción: Cada lado del sistema direccional (izquierdo y derecho) cuenta con un interruptor rotativo independiente (SW-ROT-3), que activa los relevadores RL1 y RL2, por otro lado, el control de las luces de estacionamiento se realiza mediante un interruptor de doble polo y doble tiro (SW-DPDT) conectado a relevadores.
- Detalles: Las luces direccionales están representadas por LEDs amarillos (D1, D5), que parpadean al activarse mediante el relevador, a diferencia de las luces de estacionamiento se representan mediante LEDs amarillos o naranjas.

Diagrama 6

Diagrama en funcionamiento de las luces de parqueo

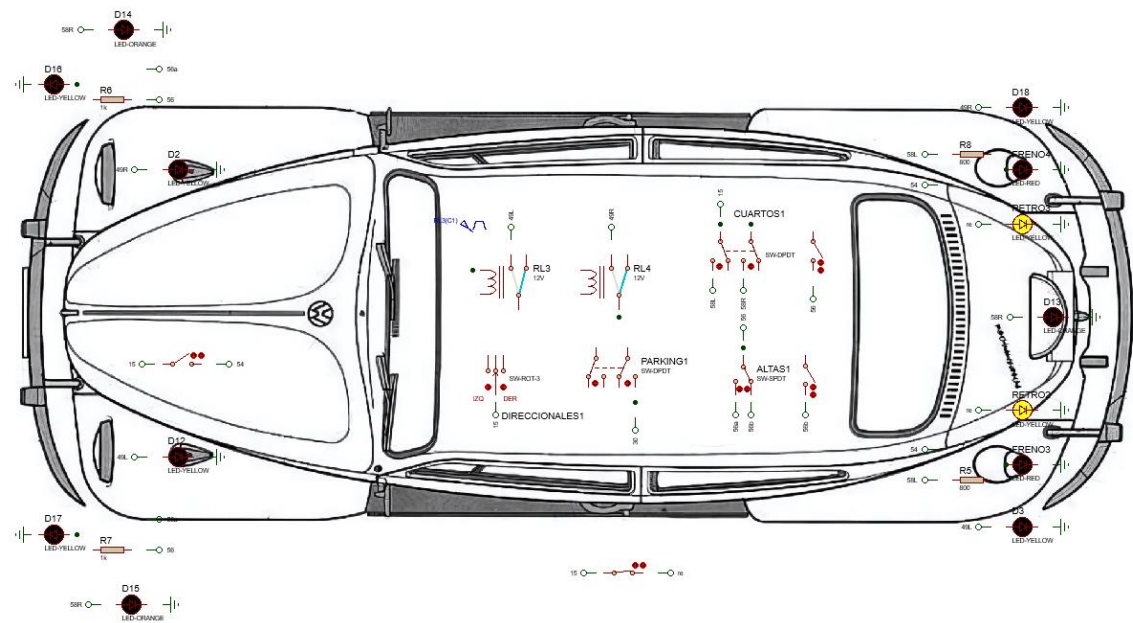


Sistema de freno

- Descripción: Este sistema se activa al presionar el pedal de freno, cerrando el circuito entre los terminales 15 y 54.
- Detalles: Las luces de freno están representadas por LEDs rojos (D9, D11), conectados a relevadores para optimizar la eficiencia del circuito.

Diagrama 8

funcionamiento de las luces de retro



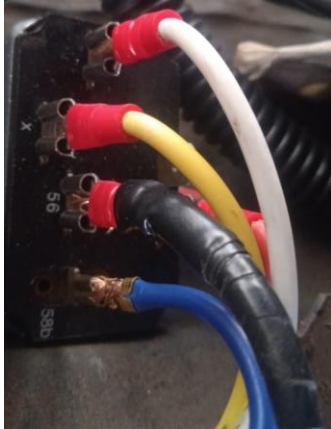
Implementación del ramal eléctrico

Tabla 29

Proceso de implementación del ramal eléctrico

Paso	Descripción	Fotografía	Nota
1. Planeación	Se analiza el diagrama eléctrico y se determina la ubicación exacta de cada componente del		Esta etapa garantiza que todos los elementos del ramal estén organizados y

	sistema eléctrico en el vehículo.		correctamente distribuidos.
	Se eligen los cables, conectores, fusibles y relevadores,		El uso de
2. Selección de Materiales	asegurándose de que cumplan con la norma ISO 6722 y las especificaciones del diseño.		materiales adecuados mejora la seguridad y la durabilidad del sistema.
	Se cortan los cables a las longitudes requeridas según las dimensiones del vehículo y se etiquetan para identificar fácilmente cada conexión.		Etiquetar los cables facilita la instalación y reduce errores durante la conexión.

4. Ensamble del Ramal	Se agrupan los cables según el sistema al que pertenecen (encendido, luces, accesorios, etc.) y se recubren con fundas protectoras para evitar daños.		Este paso asegura que el ramal esté ordenado y protegido contra abrasión o desgaste.
5. Instalación en el Vehículo	Se coloca el ramal eléctrico en el vehículo, guiándolo por los puntos de anclaje designados y asegurándolo con grapas y soportes.		Es importante verificar que el ramal no interfiera con partes móviles del vehículo.
6. Conexión de Componentes	Se conectan los cables del ramal a los terminales de los componentes eléctricos, como luces, interruptores,		Las conexiones deben ser firmes para evitar falsos contactos o pérdidas de energía.

	motor de arranque y batería. Se utiliza un multímetro para comprobar la continuidad eléctrica de cada circuito y asegurarse de que no existan interrupciones. Se activa cada sistema eléctrico (luces, freno, encendido, accesorios) para verificar su correcto funcionamiento y detectar posibles fallos.		Este paso garantiza que cada cable está correctamente conectado y que el sistema es funcional.
7. Verificación de Continuidad			Realizar pruebas previas al cierre del sistema evita desinstalaciones posteriores.
8. Pruebas de Funcionamiento			

9. Ajustes Finales	Se ajusta la posición del ramal y se corrigen posibles tensiones en los cables o conexiones flojas.		Asegurarse de que el sistema esté libre de tensiones prolonga la vida útil del ramal.
---------------------------	---	--	---

Resultados

Resultados del desarrollo de la tesis y la discusión frente al tema, textos con sustento que le den solides al desarrollo empleado.

Sistema de Encendido

La tabla muestra una comparación entre un arnés eléctrico antiguo y uno optimizado, evaluando diversos parámetros de consumo eléctrico en diferentes estados operativos del sistema eléctrico del vehículo, ya que este análisis permite identificar mejoras en eficiencia, rendimiento y reducción de pérdidas energéticas logradas con el diseño optimizado de la **Tabla 30**.

Tabla 30

Comparativa de consumos entre arnés antiguo y optimizado

Arnés	Arnés	Arnés	Arnés	Arnés	Arnés
Antiguo -	Antiguo -	Optimizado -	Optimizado -	Antiguo -	Optimizado -
Consumo	Motor de	Consumo en	Motor de	Motor	Motor
en posición	arranque	posición	arranque (A)	Consumo	Consumo
contacto	(A)	contacto (A)		Neto (A)	Neto (A)
(A)					
5,62	185	4,85	145	179,38	140,15
5,11	174	4,93	133	168,89	128,07
5,75	156	4,97	162	150,25	157,03
5,82	188	4,86	147	182,18	142,14

5,8	182	4,88	155	176,2	150,12
5,4	178	4,84	137	172,6	132,16
5,58	188	4,89	152	182,42	147,11
5,15	173	4,87	153	167,85	148,13
5,62	151	4,94	159	145,38	154,06
5,27	170	4,92	151	164,73	146,08
5,11	174	4,86	157	168,89	152,14
5,88	164	4,89	132	158,12	127,11
5,79	156	4,83	147	150,21	142,17
5,86	163	4,96	138	157,14	133,04
5,11	151	4,94	136	145,89	131,06
5,59	157	4,81	143	151,41	138,19
5,41	189	4,95	135	183,59	130,05
5,27	153	4,84	147	147,73	142,16
5,72	183	4,88	143	177,28	138,12
5,68	164	4,82	152	158,32	147,18
5,52	189	4,97	147	183,48	142,03
5,53	173	4,87	158	167,47	153,13
5,74	150	4,8	138	144,26	133,2
5,72	157	4,8	140	151,28	135,2
5,26	157	4,95	162	151,74	157,05
5,58	188	4,93	157	182,42	152,07

5,79	157	4,89	162	151,21	157,11
5,15	172	4,93	164	166,85	159,07
5,57	171	4,98	130	165,43	125,02
5,41	163	4,97	134	157,59	129,03

Nota. La tabla compara el consumo eléctrico entre un arnés antiguo y un arnés optimizado en diferentes estados de funcionamiento

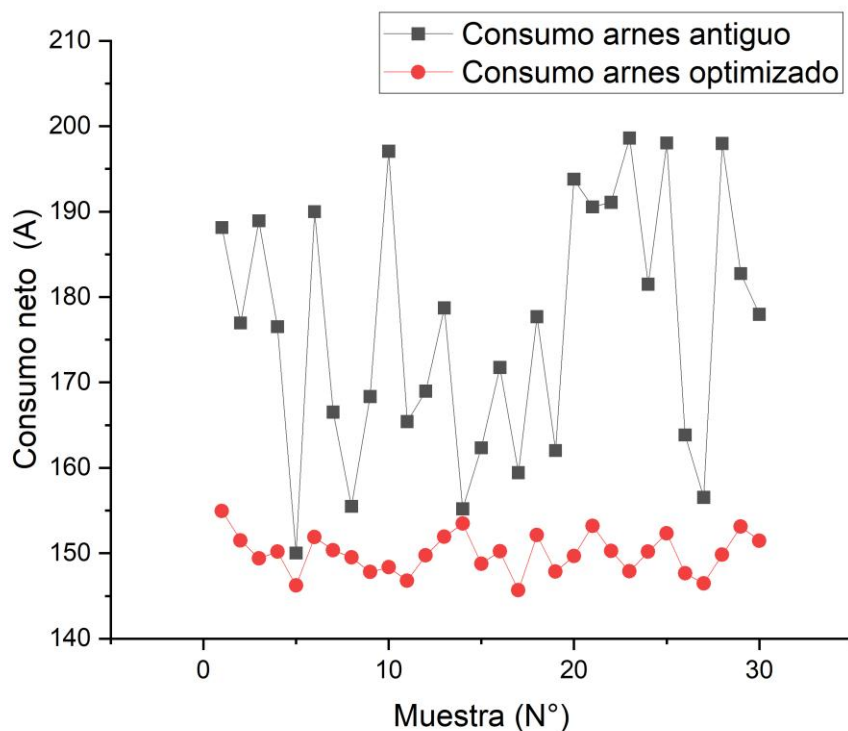
- **Resultados obtenidos del sistema de encendido:**

El gráfico compara el consumo neto de corriente, medido en amperios (A), entre dos configuraciones de arneses eléctricos: el arnés antiguo y el arnés optimizado, a partir de 30 muestras consecutivas. En el eje vertical se representa el consumo neto de corriente, mientras que en el eje horizontal se enumeran las muestras analizadas.

Los datos correspondientes al arnés antiguo, representados por puntos cuadrados negros, muestran una alta variabilidad, con oscilaciones que abarcan un rango de 150 A a 200 A, por el contrario, los datos del arnés optimizado, indicados con puntos circulares rojos, evidencian un consumo neto más estable y uniforme, concentrándose en un rango estrecho de 145 A a 155 A.

Figura 27

Comparación del consumo neto de corriente entre el arnés antiguo y el arnés optimizado

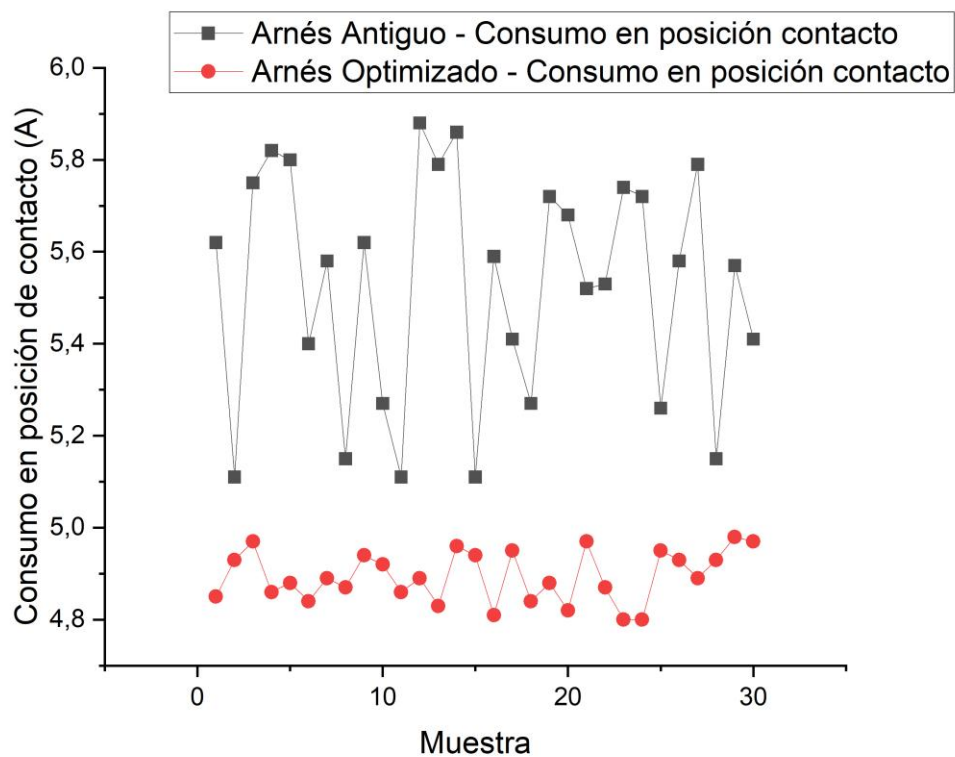


El gráfico presentado analiza los valores de consumo en posición de contacto (A) registrados en 30 muestras para ambos arneses, por lo tanto, la gráfica muestra en el eje vertical el consumo en posición de contacto, mientras que en el eje horizontal se enumeran las muestras analizadas.

El arnés antiguo, representado por puntos cuadrados negros, muestra fluctuaciones entre 5,1 A y 5,9 A, por otro lado, el arnés optimizado, identificado con puntos circulares rojos se mantiene dentro de un rango más estrecho de 4,8 A a 5,0 A.

Figura 28

Comparación del consumo en posición de contacto entre el arnés antiguo y el arnés optimizado



Sistema de Iluminación

La tabla compara los consumos totales de corriente (en amperios) del sistema eléctrico de un vehículo en dos escenarios operativos: motor apagado y motor en funcionamiento. Los valores analizados corresponden tanto al arnés antiguo como al arnés optimizado, permitiendo identificar las diferencias en eficiencia energética entre ambos sistemas en cada estado.

Tabla 31

Comparación de Consumos Totales en Configuraciones de Arnés Antiguo y Optimizado, con el Motor Apagado y en Funcionamiento

Total (Antiguo, Motor apagado)	Total (Antiguo, En funcionamiento)	Total (Optimizado, Motor apagado)	Total (Optimizado, En funcionamiento)
15,7	14,57	6,34	5,83
14,68	14,19	6,09	5,84
15,25	14,61	6,17	5,78
15,33	14,56	6,18	5,69
15,06	14,53	6,21	5,79
15,07	15,17	5,7	5,91
16	13,92	5,07	6,1
14,75	14,45	5,36	5,77
17,12	14,74	6,02	5,41
15,66	14,96	6,47	5,67
16,62	15,11	5,2	5,1
14,92	14,96	6,49	5,74
15,74	14,69	6,32	5,13
14,65	15,28	6,61	5,81
15,16	14,32	6,19	5,61

16,53	15,2	5,94	5,61
14,34	15,13	5,85	5,89
15,85	14,81	6,67	5,48
16,41	15,2	6,26	5,71
16,04	15,16	5,36	5,31
15,55	15,39	6,1	5,49
15,38	15,62	5,66	5,68
14,21	15,37	6,76	5,22
15,58	15,46	6,37	5,48
16,9	14,61	6,5	5,24
16,64	14,57	6,13	5,22
15,23	14,53	6,52	5,72
16,05	14,8	4,74	5,66
17,22	15,05	5,74	5,46
16,52	15,05	6,04	5,19

Nota. La tabla muestra los valores totales de consumo eléctrico en amperios para ambos arneses y en dos condiciones operativas: motor apagado y motor en funcionamiento. Los datos reflejan las diferencias en el desempeño energético de cada configuración.

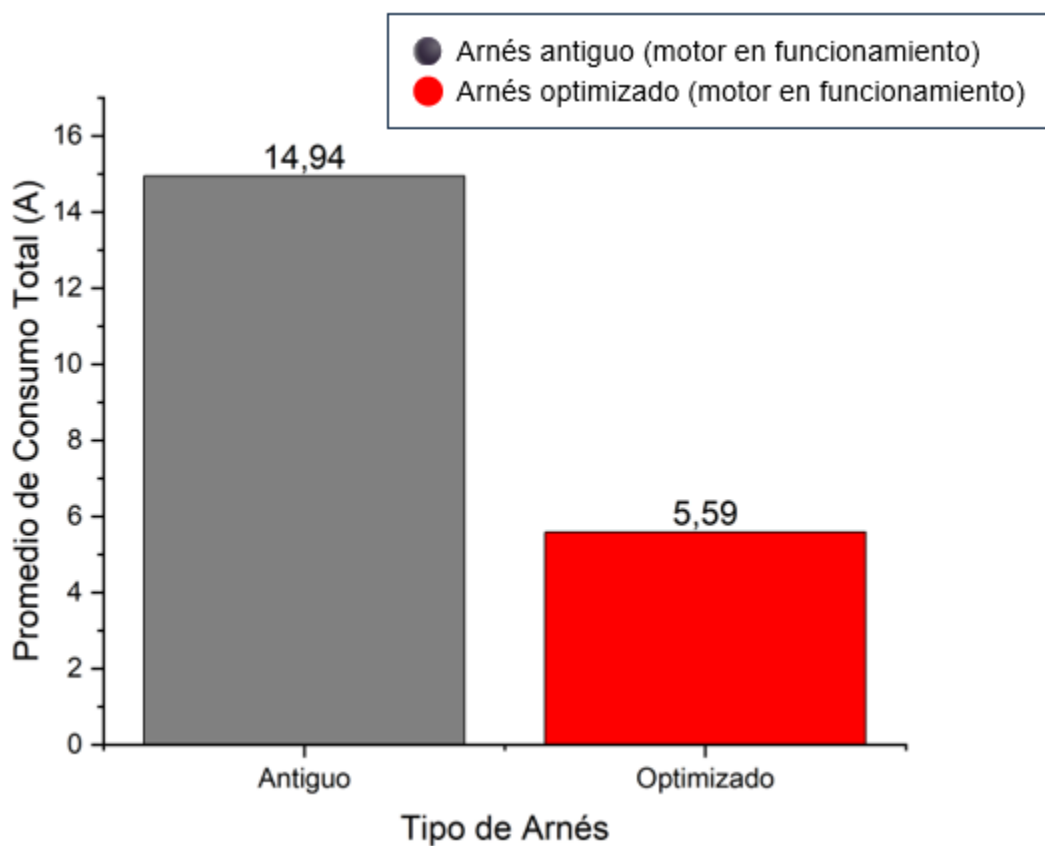
- **Resultados obtenidos del consumo del sistema de iluminación:**

El gráfico compara el promedio de consumo total en amperios (A) durante el estado de funcionamiento entre dos configuraciones de arneses: el antiguo y el optimizado. Los datos indican que el arnés antiguo presenta un consumo promedio significativamente

mayor que muestra 14,94 A en comparación con el arnés optimizado, cuyo consumo promedio es de 5,59 A.

Figura 29

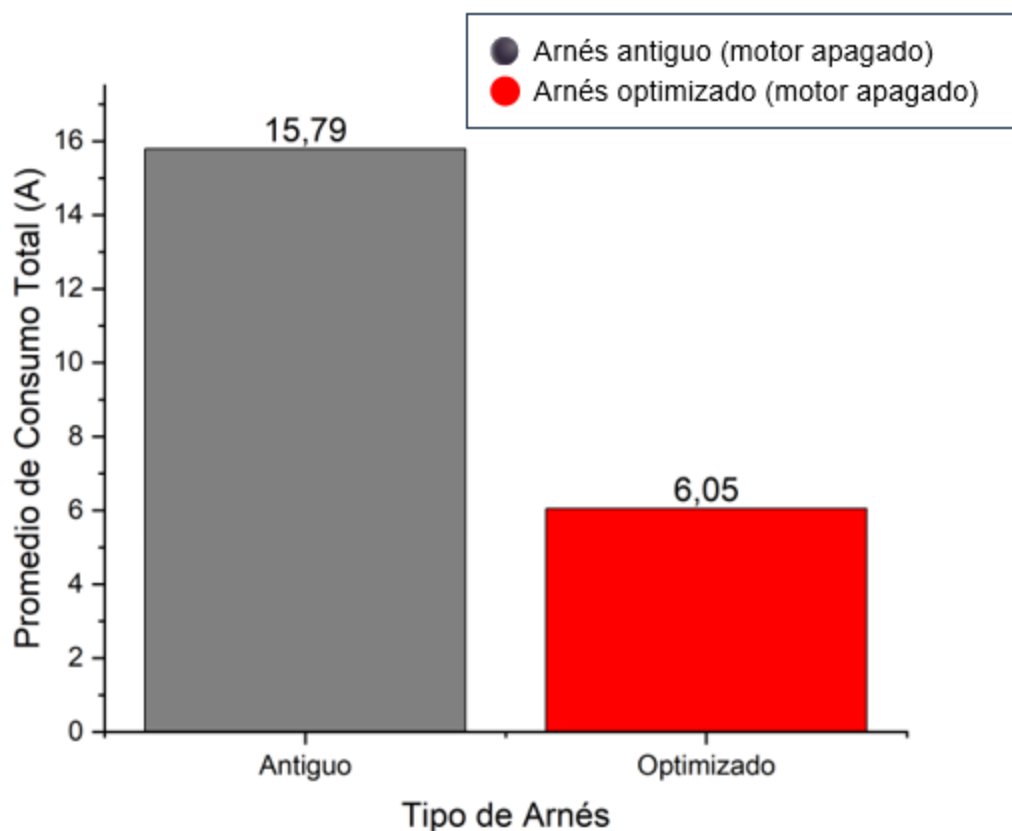
Promedio de Consumo Total (En Funcionamiento)



El gráfico compara el consumo promedio total en amperios (A) y los datos revelan que el arnés antiguo presenta un consumo significativamente más alto, alcanzando los 15,79 A. En contraste, el arnés optimizado muestra una mayor eficiencia energética, con un consumo promedio de 6,05 A, lo que representa una reducción de casi el 50 % en comparación con el arnés antiguo.

Figura 30

Promedio de Consumo Total (Motor Apagado)



Sistema de Accesorios

El cuadro presenta los valores de consumo eléctrico, expresados en amperios, registrados en el sistema de accesorios del vehículo, con especial énfasis en los componentes del sistema de audio y los limpiaparabrisas, de tal manera para el análisis comparativo, se consideraron dos condiciones operativas que permite evaluar la eficiencia energética de ambas configuraciones y determinar el impacto de la optimización en la reducción del consumo eléctrico como se muestra en la **Tabla 32**.

Tabla 32*Consumo eléctrico del radio del automóvil*

Muestra	Arnés		Arnés	
	Antiguo (Motor Apagado)	Arnés Antiguo (En Funcionamiento)	Optimizado (Motor Apagado)	Arnés Optimizado (En Funcionamiento)
1	6.41	6.02	3.03	3.86
2	6.05	6.17	3.67	3.46
3	5.79	5.68	3.72	3.71
4	5.67	6.74	3.24	3.67
5	6.49	5.30	3.01	3.79
6	6.69	5.43	3.39	3.95
7	5.68	6.46	3.44	3.29
8	6.13	6.41	3.01	4.03
9	6.55	5.50	3.87	3.41
10	6.38	6.31	3.56	3.86
11	6.20	6.73	3.38	3.11
12	6.20	6.27	3.13	3.17
13	6.40	6.51	3.06	3.27
14	6.49	6.75	3.62	3.66
15	5.72	6.59	3.95	3.51
16	6.23	5.62	3.34	4.12

17	6.48	5.92	3.31	3.90
18	6.29	6.30	3.07	3.56
19	6.63	6.62	3.54	4.09
20	5.90	6.21	3.95	3.05
21	5.98	5.75	3.68	3.60
22	5.68	5.42	3.73	3.03
23	5.79	6.56	3.60	3.35
24	5.91	5.33	3.33	3.47
25	6.49	6.57	3.05	3.82
26	6.32	6.24	3.05	3.67
27	6.18	5.54	3.38	4.06
28	6.43	6.06	3.13	3.03
29	6.24	5.76	3.27	3.90
30	6.43	6.11	3.49	3.38

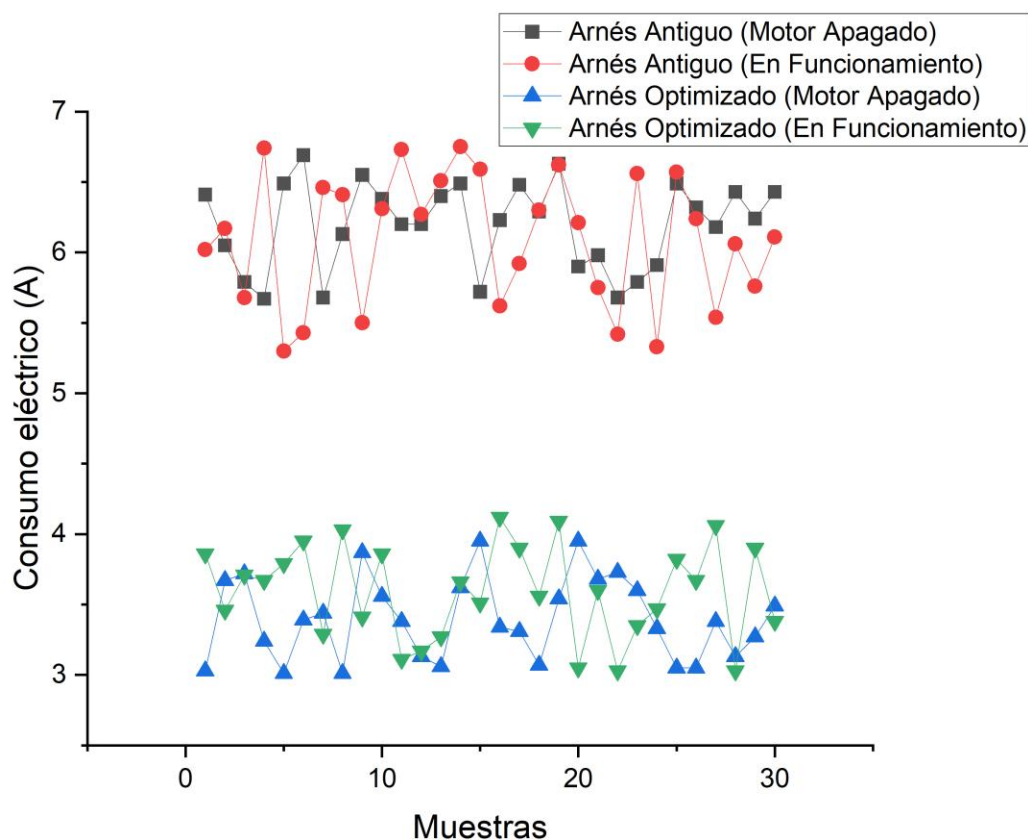
Nota. Los valores presentados corresponden al consumo eléctrico, medido en amperios, del sistema de radio en dos condiciones operativas: con el motor apagado y en funcionamiento.

El gráfico de dispersión ilustra los valores de consumo eléctrico, medidos en amperios, correspondientes a las 30 muestras registradas en la tabla, pues en el eje horizontal se representan las muestras en secuencia, mientras que en el eje vertical se grafican los valores de consumo. Los puntos negros y rojos indican los valores obtenidos con el arnés convencional en condiciones de motor apagado y en funcionamiento,

respectivamente. En contraste, los puntos azules y verdes corresponden a las mediciones realizadas con el arnés optimizado bajo las mismas condiciones.

Figura 31

Dispersión del Consumo Eléctrico del Sistema de Radio del sistema de accesorios



El cuadro presenta los valores de consumo eléctrico, expresados en amperios, registrados en el sistema de limpiaparabrisas bajo dos configuraciones de arnés: la versión convencional y la optimizada. Las mediciones se realizaron en dos condiciones operativas, con el motor apagado y en funcionamiento, a partir del análisis de 30 muestras consecutivas.

Tabla 33*Consumo eléctrico del limpiaparabrisas*

Muestra	Arnés		Arnés	
	Antiguo (Motor Apagado)	Arnés Antiguo (En Funcionamiento)	Optimizado (Motor Apagado)	Arnés Optimizado (En Funcionamiento)
1	8.43	7.63	5.12	5.25
2	8.12	8.27	5.30	5.92
3	8.37	7.65	5.26	5.26
4	7.64	7.78	4.99	5.01
5	8.18	8.76	5.07	5.78
6	7.72	7.04	5.42	5.72
7	8.45	7.03	5.29	5.48
8	7.92	8.60	5.49	5.60
9	8.99	7.01	5.19	5.77
10	8.73	7.45	5.40	5.53
11	8.03	7.12	5.37	5.86
12	7.93	8.72	5.17	4.98
13	8.15	7.73	5.26	5.04
14	8.66	7.36	5.22	5.91
15	8.07	7.50	5.03	4.95
16	8.14	8.19	5.07	5.41

17	8.18	7.20	5.04	4.97
18	8.48	8.65	4.92	5.96
19	7.60	8.00	4.88	5.97
20	8.43	8.79	5.23	5.74
21	8.75	8.24	4.89	5.29
22	7.51	7.43	5.01	5.82
23	8.83	7.73	5.04	5.98
24	8.90	8.44	5.50	5.32
25	8.91	7.95	5.13	5.28
26	8.34	7.31	5.02	5.99
27	8.63	8.27	5.25	5.89
28	8.08	8.06	5.11	5.61
29	8.49	7.35	5.09	5.51
30	7.62	8.43	5.33	4.98

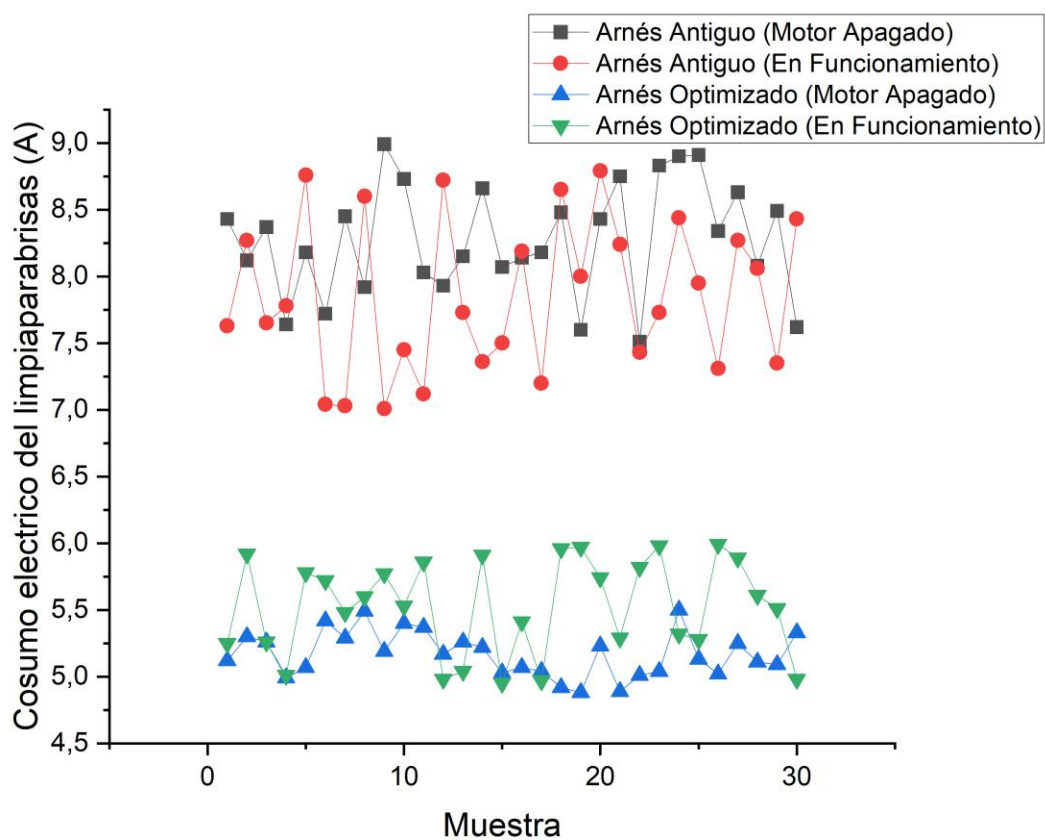
La ilustración representa la variación del consumo eléctrico, medido en amperios, del sistema de limpiaparabrisas del vehículo, analizado bajo dos configuraciones del arnés eléctrico, entre la versión convencional y la versión optimizada. Asimismo, se evaluaron dos condiciones de operación, la cuales son, el motor apagado y en funcionamiento.

Los resultados indican que la configuración convencional del arnés eléctrico exhibe un consumo considerablemente mayor en ambas condiciones operativas, con

valores que varían entre 7,5 A y 9,0 A, en comparación a la versión optimizada que refleja una reducción significativa en el consumo, situándose en un rango de 4,5 A a 6,0 A y esta disminución es especialmente notable en las mediciones realizadas con el motor apagado, donde la optimización del arnés contribuye a un consumo más estable.

Figura 32

Consumo eléctrico del sistema de limpiaparabrisas bajo diferentes condiciones de funcionamiento y configuraciones del arnés eléctrico.



Discusión de Resultados

En esta parte del estudio, se exponen y analizan los resultados alcanzados para cada uno de los sistemas evaluados en el Volkswagen Beetle clásico después de la instalación del arnés eléctrico optimizado, pues el análisis se estructura en torno a cuatro sistemas clave: encendido, iluminación, accesorios y carga, con el propósito de examinar de forma individual y comparativa las mejoras en términos de eficiencia energética, estabilidad y desempeño. Este enfoque permite determinar cómo cada sistema influye en la optimización general del consumo eléctrico del automóvil, además de comprobar la hipótesis de que la actualización del arnés eléctrico puede incrementar la eficiencia energética en un mínimo del 20%.

Por otro lado, el estudio de (Pasquel, 2021) sobre la conversión eléctrica de un Volkswagen Beetle 1977 demostró un incremento en la eficiencia energética tras reemplazar el motor de combustión interna por uno eléctrico, resaltando así los beneficios de la electrificación total en términos de optimización del rendimiento. Sin embargo, la presente investigación se enfocó en la reducción del consumo energético mediante la mejora del arnés eléctrico, sin intervenir en el tren motriz ni en aspectos estructurales o estéticos del vehículo. Además, es relevante mencionar que la modificación realizada por Pasquel se basó específicamente en la sustitución del sistema de propulsión del automóvil.

Según el estudio de (Ródenas Ruiz, 2023) sobre la electrificación de un microcoche Ligier JS50, se identificó que la eficiencia de los sistemas auxiliares mejoraba entre un 25% y un 40% al implementar arneses optimizados, hallazgo que coincide con los

resultados obtenidos en esta investigación. Esto indica que la estrategia de optimización aplicada al Beetle clásico es comparable a las utilizadas en la conversión de vehículos eléctricos ligeros.

Análisis del sistema de encendido

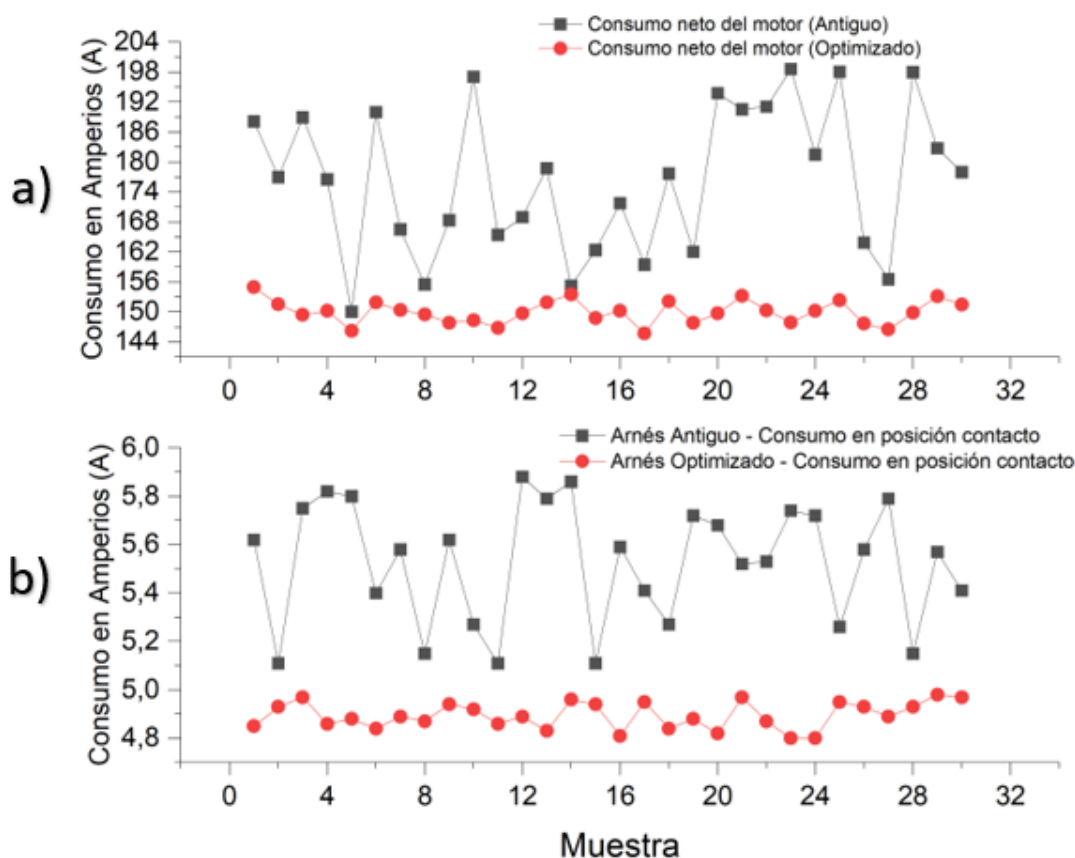
Los resultados obtenidos para el sistema de encendido evidencian un avance considerable en la eficiencia energética luego de la implementación del arnés eléctrico mejorado, ya que el consumo durante la posición de contacto, se registró una disminución media del 10,91%, lo que demuestra que el rediseño del arnés contribuye a reducir las pérdidas de energía en este modo de funcionamiento. Este progreso se debe, principalmente, al uso de materiales de comunes del mercado y a la optimización de los circuitos eléctricos, lo que permite disminuir las resistencias y las fugas de corriente. Además, se observó que el rango de consumo se mantuvo más estable y uniforme en comparación con el sistema anterior, lo que sugiere una mayor fiabilidad del conjunto.

En cuanto al consumo durante el funcionamiento del motor de arranque, la mejora fue aún más significativa, con una reducción promedio del 18,57% como se muestra en la opción a) de la figura. Este dato es especialmente relevante, dado que el motor de arranque es uno de los componentes que más energía consume en el vehículo y la optimización del arnés eléctrico permitió disminuir las fluctuaciones en el consumo y mantener un rango más constante, lo que no solo incrementa la eficiencia energética, sino que también podría extender la vida útil de la batería y otros elementos del sistema de arranque.

También, el consumo neto del sistema de encendido mostró una reducción promedio del 13,94% como se muestra en la opción b) de la figura, lo que confirma que el arnés optimizado es más eficiente en términos generales. Aunque este valor no alcanza completamente la mejora del 20% planteada en la hipótesis inicial, es importante resaltar que el sistema de encendido representa solo una parte del arnés eléctrico. La mejora total podría acercarse al objetivo propuesto al considerar las optimizaciones implementadas en los demás sistemas (iluminación, accesorios y carga). Asimismo, factores como las condiciones de operación del vehículo y el estado de la batería podrían influir en los resultados, lo que sugiere que, en condiciones ideales, la mejora podría ser incluso mayor.

Figura 33

Comparación del Consumo de Energía en el Sistema de Encendido: Arnés Antiguo vs. Arnés Optimizado



Análisis del sistema de iluminación

Los resultados obtenidos para el sistema de iluminación con el motor apagado, el consumo promedio del arnés antiguo fue de 15,61 A, mientras que el arnés optimizado logró reducirlo a 6,05 A, lo que representa una mejora del 61,24%, así como con el motor en funcionamiento, el consumo promedio del arnés anterior fue de 14,87 A, mientras que el arnés optimizado lo disminuyó a 5,58 A, lo que equivale a una mejora del 62,47%. Estas reducciones son significativas y reflejan una optimización considerable en el

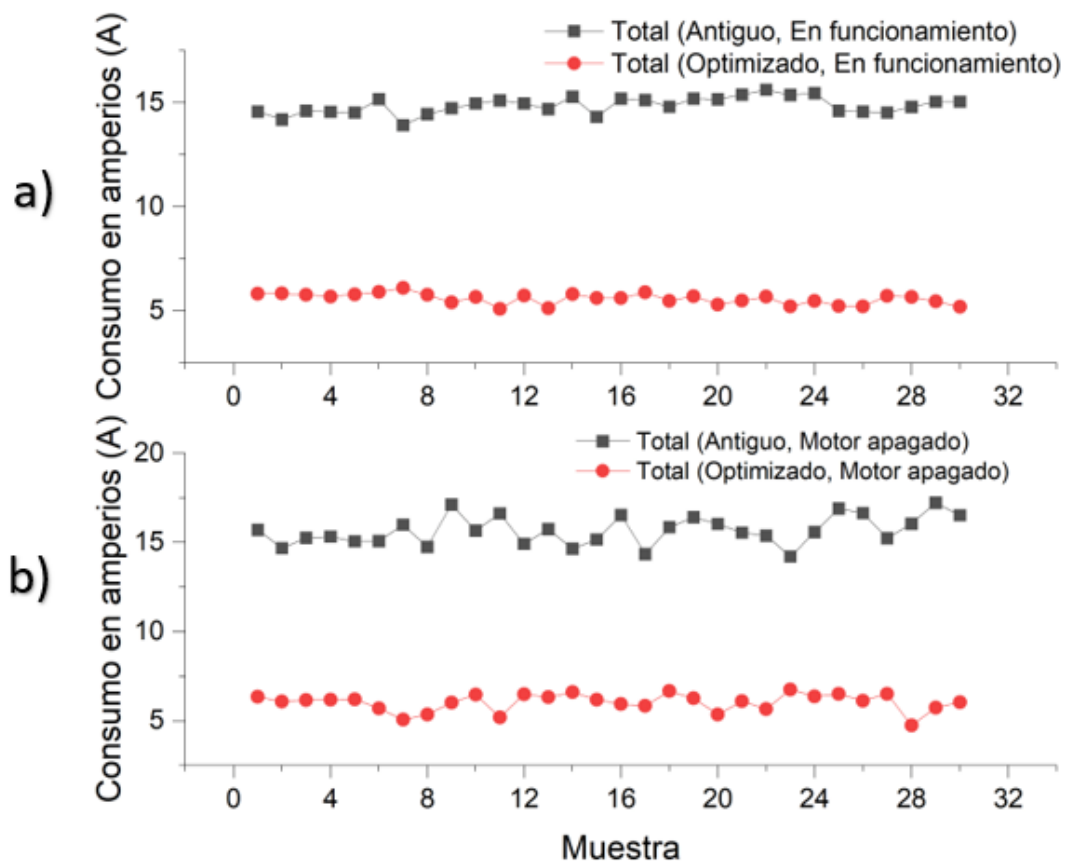
sistema de iluminación, confirmando que el nuevo diseño del arnés eléctrico es altamente eficiente como se muestra en la Figura la gráfica a).

El progreso en el sistema de iluminación se atribuye principalmente al uso de componentes modernos, así como a la optimización del diseño del arnés, que reduce las pérdidas de energía y mejora la distribución de la corriente. Además, la estabilidad en los valores de consumo del arnés optimizado indica que el sistema es más confiable y menos susceptible a fluctuaciones, lo que podría traducirse en una mayor durabilidad de los elementos de iluminación y un menor desgaste de la batería así como se muestra en la gráfica b).

Estos hallazgos no solo respaldan la hipótesis de que la modernización del arnés eléctrico puede incrementar la eficiencia energética, sino que también superan las expectativas iniciales, especialmente en el sistema de iluminación. La reducción del consumo en más del 60% es un logro destacable y tiene implicaciones prácticas relevantes, como la disminución del consumo de combustible y la extensión de la vida útil de los componentes eléctricos.

Figura 34

Comparación del Consumo de Energía del Sistema de Iluminación en Configuraciones Antiguas y Optimizadas



Análisis del sistema de accesorios

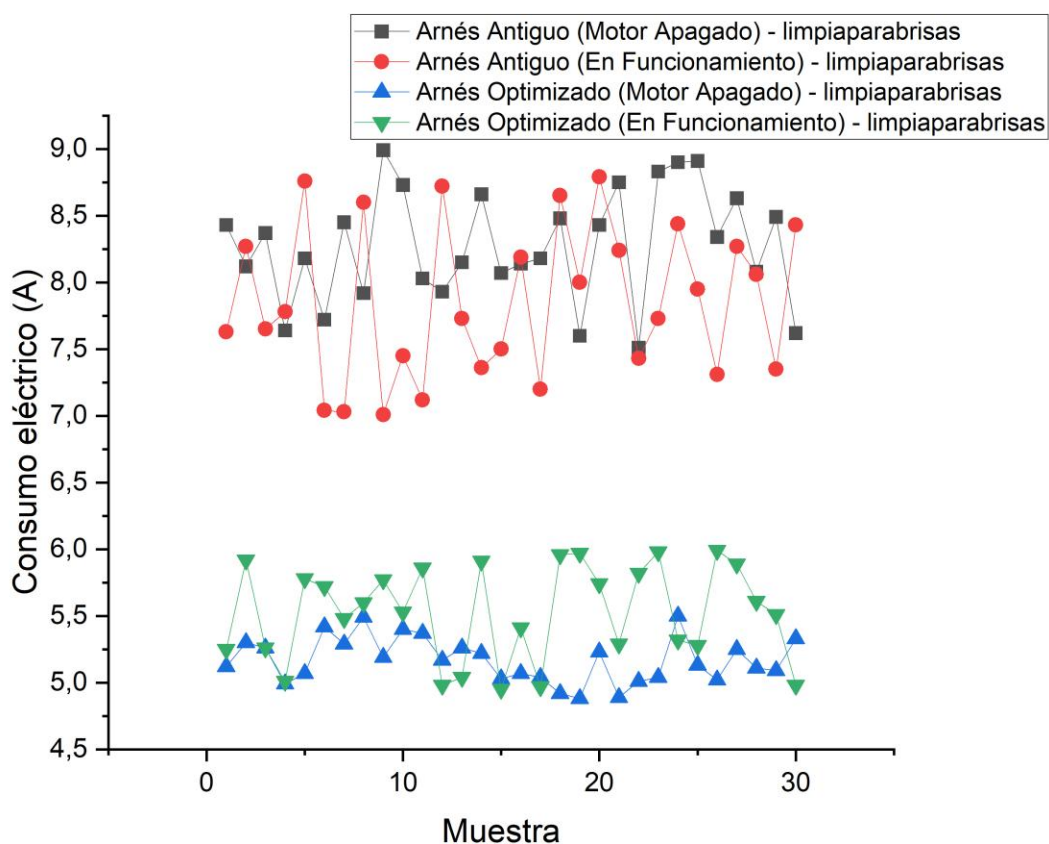
Al analizar el consumo eléctrico del componente del limpiaparabrisas con el motor apagado, se identifica que la configuración convencional del arnés eléctrico alcanza un promedio cercano a 8,2 A, mientras que la versión optimizada registra aproximadamente 5,2 A. Esta diferencia de alrededor de 3 A equivale a una reducción estimada entre el 36 % y 38 % en el consumo eléctrico, por lo que dicho resultado sugiere que la optimización del arnés disminuye la resistencia del circuito, facilitando un flujo de

corriente más eficiente y reduciendo la carga sobre la batería cuando el motor no está en operación.

En condiciones de motor en marcha, el arnés convencional muestra un consumo promedio de 7,8 A, en comparación con los 5,5 A registrados con el arnés optimizado. Esta reducción cercana al 30 % evidencia que las mejoras en la calidad del cableado y la estabilidad de las conexiones se traducen en una mayor eficiencia incluso bajo condiciones de demanda real.

Figura 35

Comparación del consumo eléctrico del limpiaparabrisas (motor apagado vs. en funcionamiento) con arnés antiguo y optimizado

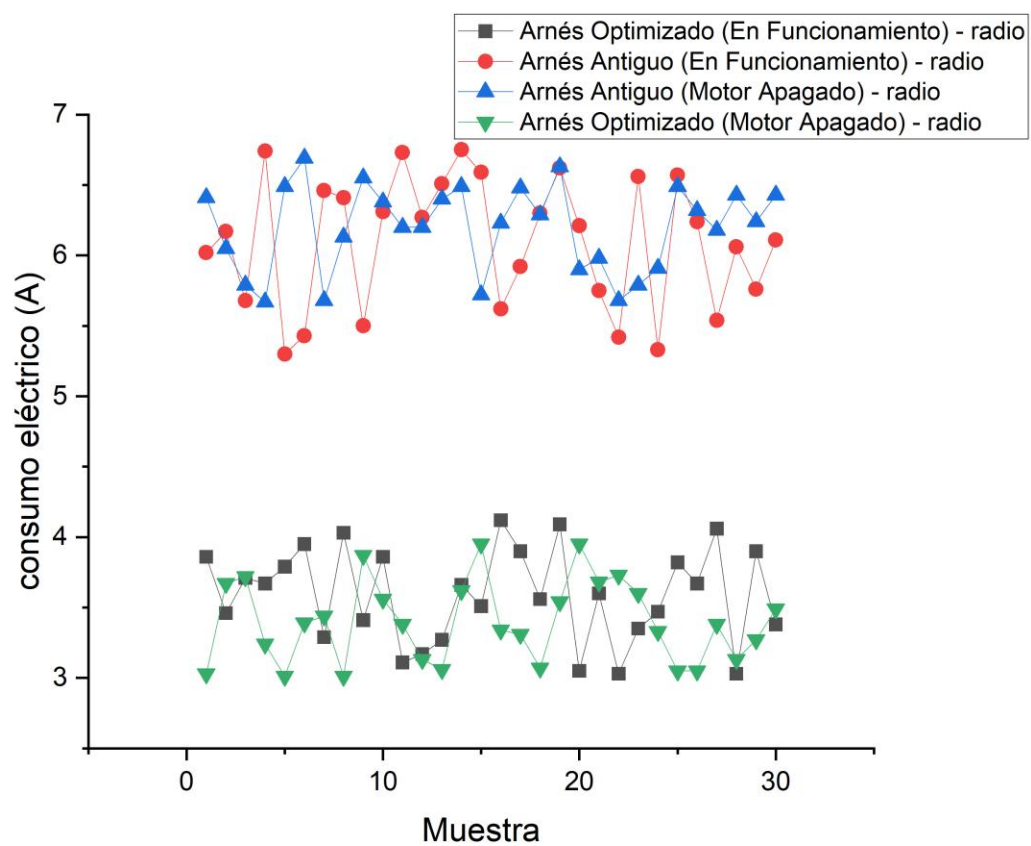


Por otro lado, la radio del vehículo en condiciones de motor apagado, el arnés convencional presenta un consumo eléctrico cercano a 6,2 A, mientras que la versión optimizada reduce este valor a aproximadamente 3,4 A. Esta disminución de 2,8 A representa una mejora del 45 %, lo que resulta particularmente relevante dado que el sistema de radio es uno de los dispositivos que permanece en funcionamiento incluso cuando el vehículo está detenido.

Cuando el motor está en marcha, los valores promedio registrados son de 6,1 A para el arnés convencional y 3,6 A para el optimizado, lo que equivale a una diferencia de 2,5 A y un ahorro energético del 41 %, de esta forma la eficiencia del nuevo arnés no solo favorece el rendimiento del sistema de audio, sino que también disminuye la carga eléctrica sobre el alternador, optimizando su desempeño y contribuyendo a una mayor vida útil del sistema eléctrico del vehículo.

Figura 36

*Comparación del consumo eléctrico del radio (motor apagado vs. en funcionamiento)
con arnés antiguo y arnés optimizado*



Conclusiones

La actualización del arnés eléctrico en el Volkswagen Beetle clásico, siguiendo la norma ISO 6722, ha demostrado ser una estrategia eficiente para optimizar el rendimiento del sistema eléctrico del vehículo y mejorar su estabilidad operativa sin modificar su motorización original. Durante la investigación, se cumplieron los objetivos establecidos, abarcando desde la evaluación inicial del sistema eléctrico hasta el diseño, fabricación y análisis del nuevo arnés, además la implementación del sistema mejorado permitió una distribución y gestión más eficiente de la energía en los distintos subsistemas del vehículo, fortaleciendo su funcionamiento y fiabilidad.

El uso de estándares internacionales en la selección de materiales y en el diseño del cableado garantizó la calidad y seguridad del sistema eléctrico renovado. Además, la comparación con estudios previos confirma que la optimización de arneses eléctricos en vehículos clásicos no solo mejora su eficiencia operativa, sino que también prolonga la vida útil de sus componentes eléctricos y sugiere que futuras investigaciones exploren la integración de tecnologías avanzadas para una gestión energética más inteligente, así como la incorporación de sistemas eléctricos de mayor eficiencia con el objetivo de optimizar aún más el rendimiento del vehículo.

Los resultados obtenidos en el análisis del sistema de encendido evidencian una mejora significativa en la eficiencia energética tras la implementación del arnés eléctrico optimizado, ya que, durante la fase de contacto, se registró una reducción promedio del 10,91 % en el consumo eléctrico, lo que confirma que el rediseño del arnés contribuye a minimizar las pérdidas de energía en esta condición operativa, pues este avance se

atribuye principalmente al uso de materiales comerciales actuales y a la optimización del diseño de los circuitos eléctricos, lo que permite reducir las resistencias y minimizar fugas de corriente. Además, se observó una mayor estabilidad en el rango de consumo, lo que sugiere una mejora en la fiabilidad del sistema.

En cuanto al consumo energético durante la activación del motor de arranque, la optimización del arnés resultó en una disminución promedio del 18,57 %. Este dato es especialmente relevante, considerando que el motor de arranque es uno de los componentes con mayor demanda de energía dentro del sistema eléctrico del vehículo, por lo que la mejora no solo permitió reducir las fluctuaciones en el consumo, sino que también contribuyó a mantenerlo dentro de un rango más estable, lo que incrementa la eficiencia operativa y puede extender la vida útil de la batería y otros elementos del sistema de arranque.

Por último, el consumo total del sistema de encendido reflejó una reducción promedio del 13,94 %, lo que reafirma la mayor eficiencia energética del arnés optimizado. Si bien este valor no alcanza el 20 % de mejora proyectado en la hipótesis inicial, es importante considerar que el sistema de encendido representa solo una fracción del arnés eléctrico general.

Los resultados obtenidos para el sistema de iluminación muestran una mejora ya que la sustitución de focos halógenos por tecnología LED, junto con la implementación de un arnés eléctrico optimizado, generó una mejora significativa en la eficiencia y el rendimiento del sistema de iluminación. En condiciones de motor apagado, el consumo promedio se redujo de 15,61 A a 6,05 A, lo que equivale a una disminución del 61,24 %.

Mientras que, con el motor en funcionamiento, el consumo descendió de 14,87 A a 5,58 A, reflejando una reducción del 62,47 %.

Además, el arnés eléctrico convencional presentaba problemas de intermitencia, afectando el funcionamiento uniforme de las luces direccionales y generando fluctuaciones en la intensidad lumínica de los faros y demás lámparas, por lo que estas irregularidades no solo comprometían la visibilidad y la seguridad del vehículo, sino que también aceleraban el desgaste de los componentes eléctricos y con la incorporación del nuevo arnés y las luminarias LED, se logró una mayor estabilidad en el sistema de iluminación, pues el parpadeo de las luces direccionales se tornó constante y fiable, mientras que la intensidad lumínica de todos los puntos de luz se mantuvo uniforme. Como resultado, se obtuvo un sistema más eficiente, confiable y menos propenso a variaciones, lo que no solo optimiza el rendimiento del vehículo, sino que también reduce el desgaste de la batería y prolonga la vida útil de los elementos de iluminación.

Las mediciones realizadas en el sistema de limpiaparabrisas y el sistema de radio confirman que la optimización del cableado y la mejora en la estabilidad de las conexiones permiten reducir significativamente la demanda de corriente y mejorar el desempeño general del sistema eléctrico del vehículo.

En el caso del sistema de limpiaparabrisas, se observó que el arnés convencional presentaba un consumo considerablemente mayor, con valores de hasta 8,2 A con el motor apagado y 7,8 A en funcionamiento. En contraste, la versión optimizada permitió una reducción del consumo de hasta un 38 % en reposo y un 30 % en marcha, lo que

sugiere una menor resistencia eléctrica en el circuito, facilitando un flujo de corriente más eficiente y disminuyendo la carga sobre la batería y el alternador.

Además, en el arnés convencional se detectaron deficiencias en las conexiones eléctricas, lo que generaba fallas intermitentes en el funcionamiento de los accesorios debido a la falta de conexiones a tierra estables y la presencia de caídas de tensión, por tal motivo en algunos casos, esto provocaba que los componentes no operaran de manera confiable, afectando la seguridad y el confort del vehículo, mientras que la versión optimizada del arnés corrigió estos problemas mediante la mejora en la calidad de los puntos de conexión y la reducción de pérdidas de energía, asegurando un suministro de corriente más estable y confiable.

Recomendaciones

Con base en los hallazgos obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones:

En primer lugar, se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo continuo del consumo eléctrico, mediante la instalación de sensores o módulos de diagnóstico capaces de registrar y analizar las variaciones de corriente en tiempo real donde pueden presentarse fluctuaciones críticas, ya que un monitoreo constante facilitaría la detección temprana de anomalías, permitiendo la aplicación de mantenimiento preventivo y evitando fallas inesperadas en el sistema eléctrico. Además, la recopilación de datos en tiempo real proporcionaría información clave para la optimización continua del arnés y sus componentes.

Asimismo, se sugiere establecer un plan de mantenimiento preventivo periódico, enfocado en la inspección y limpieza de terminales, bornes de batería y cableado, con especial atención a áreas expuestas a humedad y acumulación de suciedad, pues la investigación realizada demuestra que muchas fallas intermitentes en los sistemas eléctricos se deben a factores externos, como la corrosión o el polvo en los puntos de conexión, además un mantenimiento adecuado no solo extenderá la vida útil del arnés y los accesorios conectados, sino que también reducirá la necesidad de reparaciones correctivas y mejorará la estabilidad del sistema eléctrico.

También, se considera recomendable la integración de sistemas de control inteligente para la gestión eficiente del consumo energético que permitiría optimizar la distribución de corriente a los diferentes accesorios del vehículo. Esta estrategia contribuiría a

minimizar picos de consumo, reducir la carga sobre la batería y el alternador, y evitar sobrecargas innecesarias en el sistema eléctrico.

Por último, se recomienda la incorporación de nuevos subsistemas que mejoren el confort y la funcionalidad del vehículo sin comprometer la eficiencia del sistema eléctrico. La integración de tecnologías modernas, como sistemas de iluminación LED de bajo consumo, puertos de carga USB, módulos de climatización optimizados y controles electrónicos adicionales, permitiría actualizar el vehículo manteniendo un equilibrio entre eficiencia energética y rendimiento. Para ello, será fundamental una correcta planificación y distribución de la carga eléctrica, asegurando que el arnés optimizado pueda soportar la demanda sin comprometer la integridad del sistema original.

Lista de referencias

- Aidid, A. M. (2024). *ENHANCING ENERGY MANAGEMENT AND ENERGY EFFICIENCY*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26557.78565>
- Alhashimi, M. T. M., Jawad, Y., Nukhailawi, K., & Tahseen, A. (2019). *Review on Electrical Wiring (Types, Sizes and Installation)*.
<https://www.researchgate.net/publication/339786179>
- Aquino, B., Alberto, L., Carranza, F., Irvin, R., Olivos, S., Rolando, V., & Modelamiento Electromecánico, D. (2020). *FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48746/B_Barboza_ALA-Fuentes_CRI-Samillan_OVR-SD.pdf?sequence=1
- Asef, P., Milan, M., Laphorn, A., & Padmanaban, S. (2021). Future trends and aging analysis of battery energy storage systems for electric vehicles. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413779>
- Ashjaei, M., Lo Bello, L., Daneshtalab, M., Patti, G., Saponara, S., & Mubeen, S. (2021). Time-Sensitive Networking in automotive embedded systems: State of the art and research opportunities. *Journal of Systems Architecture*, 117.
<https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2021.102137>
- Bilon M. (2022). *Repuestos para coches clásicos: Todas las piezas necesarias para su mantenimiento | Motor Bilon*. <https://motorbilon.com/repuestos-para-coches-clasicos-todas-las-piezas-necesarias-para-su-mantenimiento>

Buggeezer Aka. (2019). *Beetle_1962-65_Clymers*.

https://www.thesamba.com/vw/archives/info/wiring/Beetle_1962-65_Clymers.jpg

Eurolab. (2020). *ISO 14572 Vehículos de carretera - Cables con revestimiento*

multinúcleo de 60 V y 600 V redondos, blindados y sin blindaje - Métodos de prueba y requisitos para cables básicos y de alto rendimiento.

<https://www.laboratuvar.com/es/testler/malzeme-testleri/iso-14572-karayolu-tasitlari--yuvarlak-blendajli-ve-blendajsiz-60v-ve-600v-cok-damarli-kilifli-kablolar---temel-ve-yuksek-performansli-kablolar-icin-test-yontemleri-ve-gereksinimleri/>

Gordon Maltby. (2020). *Gordon Maltby, Grant Larson (foreword) - Porsche 356_ 75th Anniversary-Motorbooks (2023).*

Guaman Jara. (2023). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS DE APRENDIZAJE DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL AUTOMÓVIL CHEVROLET SPARK LIFE 2018 COMO PARTE DEL PROYECTO SALESIANO.*

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23526/1/UPS%20-%20TTS108>

international organization for standardization. (2019). *ISO_6722_2006_EN.pdf*.

international organization for standardization

ISO. (2019). *ISO 6722-1:2011(E) COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT.*

<https://www.iso.org/home.html>

ISO. (2024). *ISO - International Organization for Standardization.*

<https://www.iso.org/home.html>

ISO 14572. (2011). *ISO-14572-2011*.

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/41513/382542f088284c5b90359105c28281cc/ISO-14572-2011.pdf>

Jimenez Padilla, B. (2024). *Tecnicas basicas de electricidad de vehiculos. TMVG0109*.

IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/uiskecuador/titulos/250591>

Joya Arboleda, L. Y. , S. S. E. A. , G. C. M. , & L. B. S. C. (2023). *JoyaLeidy2023*.

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/70739877-c69c-4a6d-b91a-3bf844bb2589/content>

L.T.A. (2023, May 25). *Cuidado y Conservación de Vehículos Clásicos*.

<https://lucetuauto.com/consejos-de-mantenimiento/cuidado-y-conservacion-de-vehiculos-clasicos-guia-de-mantenimiento-esencial>

Maquera Rivera. (2023). *TRABAJO-DE-INVESTIGACIÓN---MAQUERA-RIVERA-EDGAR---FATEC'*.

<https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ab7dd899-0a65-4cbe-ae62-9bb5720f241a/content>

Ng, K., & Kam Ng, by W. (2024). *A Journey into Smart Materials and Structures*.

<https://www.researchgate.net/publication/377467730>

Pasquel Lopez Jairo Fernando. (2021). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*.

Quijano Rengifo, J. L. (2024). *Desarrollo de un Sistema Eléctrico en Baja Tensión de 237KW para reducir las fallas eléctricas en el Centro de Salud San Pedro, en el distrito de San Pedro, Ayacucho*.

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/9144/J.Quijano_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2024.pdf?sequence=1

Rabbani, A. N., Muhammad Habiburrahman, & Rahmat Nurcahyo. (2024). The transition to electric car changes of Indonesia automotive supplier component companies.

Communications in Humanities and Social Sciences, 4(1), 1–10.

<https://doi.org/10.21924/chss.4.1.2024.68>

Reagens, S. G. (2022a). *Stabilizer-plasticizer interaction in Class T3 PVC cables for automotive according to main requirements of ISO 6722*.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26893.61920>

Reagens, S. G. (2022b). *Stabilizer-plasticizer interaction in Class T3 PVC cables-Focus on the “chemistry” of the aging according to main requirements of ISO 6722*.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29600.87040>

Ródenas Ruiz, M. (2023). *Electrificació d'un microcotxe MEMÒRIA*.

SAE International. (2024). *Standards Development - SAE International - Standards*.

<https://www.sae.org/standards/development>

Sanchez Fernandez, E. (2024). *Circuitos electricos auxiliares del vehiculo*. Macmillan

Iberia, S.A. <https://elibro.net/es/lc/uisekecuador/titulos/267618>

Steven Cisneros-Santillas, E. I., Pozo, F. I., & Quingla III, C. (2022). *Aplicabilidad de un*

banco de ensayos para alternadores Applicability of a test bench for alternators

Aplicabilidade de uma bancada de testes para alternadores Ciencias Técnicas y

Aplicadas Artículo de Investigación. 70(11), 1264–1278.

<https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>

Torres Cunalata. (2023). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25845/1/TTS1473.pdf>

Victor Delgado. (2019, July). *Historia del Volkswagen Beetle: el mito - Periodismo del*

Motor. <https://periodismodelmotor.com/historia-volkswagen-beetle/220754/>

Volkswagen Group. (2022, February 17). *La historia del Volkswagen Beetle*.

<https://www.vw.com/es/newsroom/lifestyle-and-heritage/an-ode-to-the-bug.html>

Volkswagen Manual. (1966). *1966 Owner's Manual*. [http://www.vw-](http://www.vw-resource.com/1966manual.html)

[resource.com/1966manual.html](http://www.vw-resource.com/1966manual.html)

Alvarez, M. (2000). Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Molecular Biology* 44: 429–442.

Lamb, C., & Dixon, R. (1997). The oxidative burst in plant disease resistance.

Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 48: 251–275.

Muñoz, C., & Zapata, F. (2013). Plan de manejo de los Arrecifes Coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona - Pacífico colombiano. Santiago de Cali, Colombia: WWF Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Swanson, J., Kearney, B., & Dahlbeck, D. (1988). Cloned avirulence gene of

Xanthomonas campestris pv. *vesicatoria* complements spontaneous race change mutant. *Molecular Plant–Microbe Interactions* 1: 5–9.

Vanacker, H., & Greenberg, J.T. (2001). A role for salicylic acid and *npr1* in regulating cell growth in *Arabidopsis*. *Plant Journal* 28: 209–216.

Porsche 356 Registry Inc. (2022, July 16). *356 Electrical System Overview 2022* [Video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=eG4uKWUPjxY>

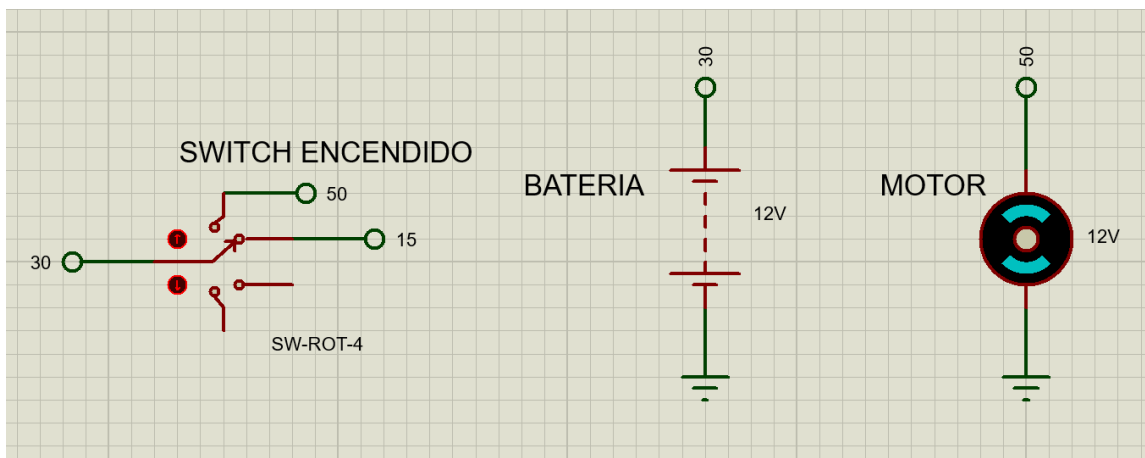
Pérez Darquea, D. G. (2018). Evolución de los dispositivos electrónicos en un automóvil. *INNOVA Research Journal*, 3(2), 1–7.

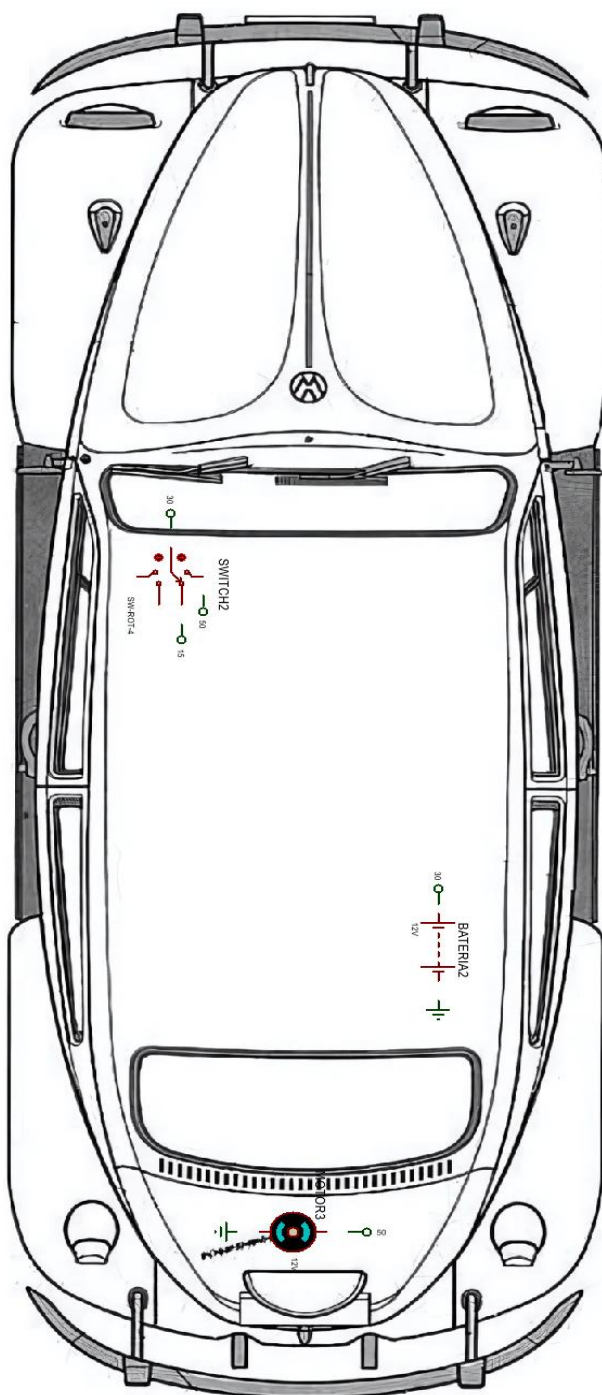
<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.2018.616>

Anexos

Anexo 1

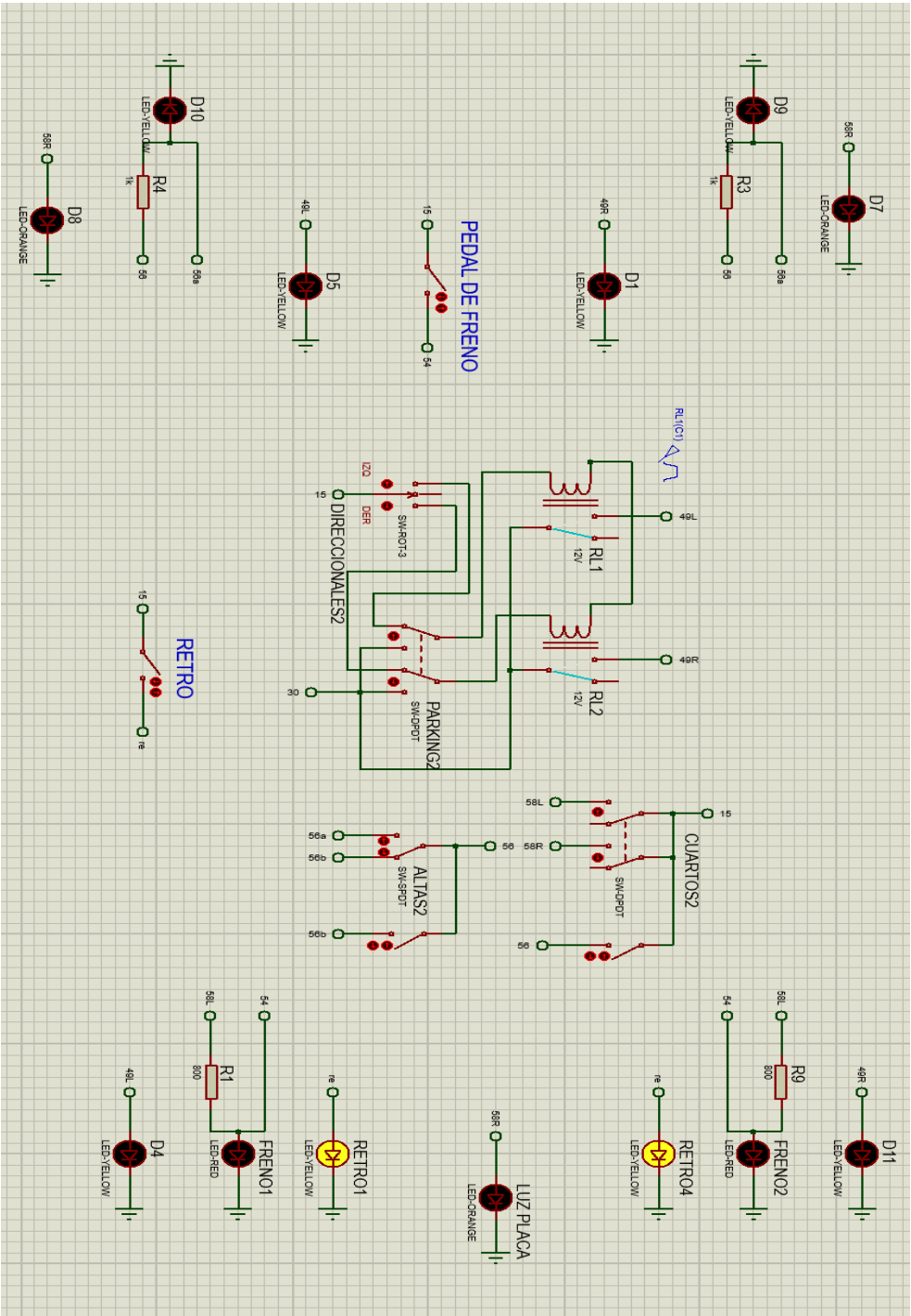
Diagrama eléctrico del sistema de encendido



Anexo 2*Sistema de encendido en el vehículo*

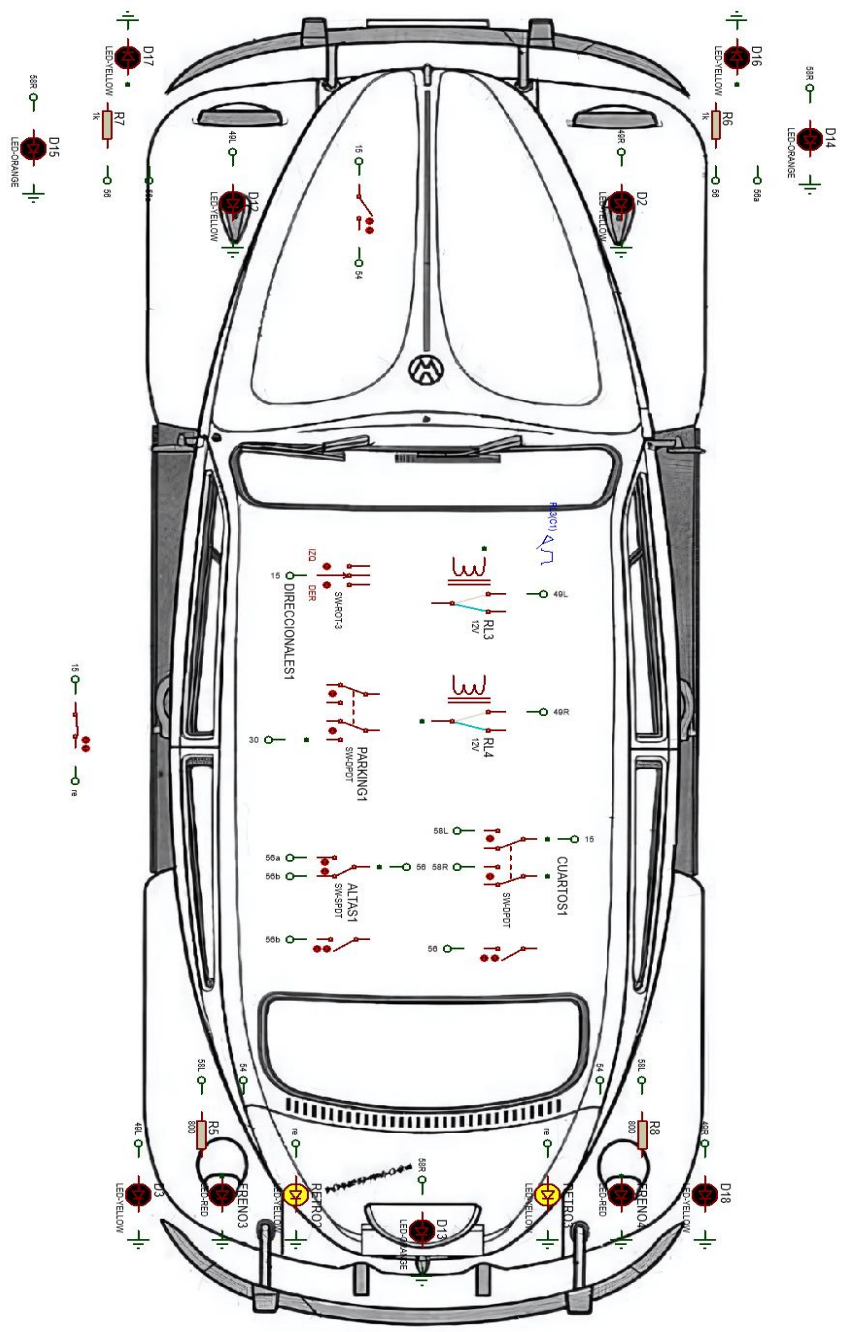
Anexo 3

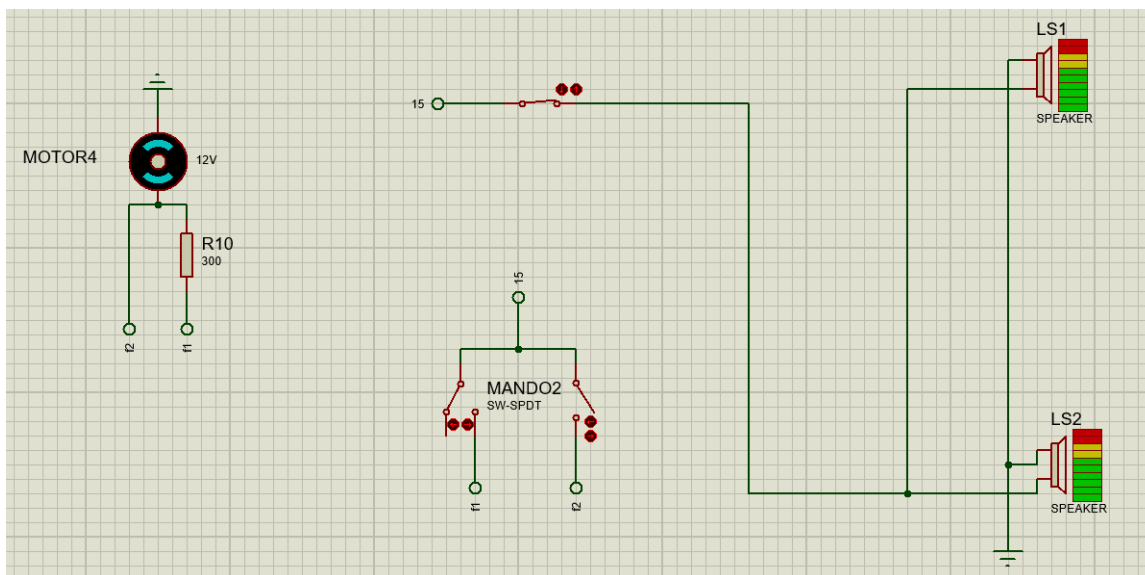
Diagrama eléctrico del sistema de iluminación

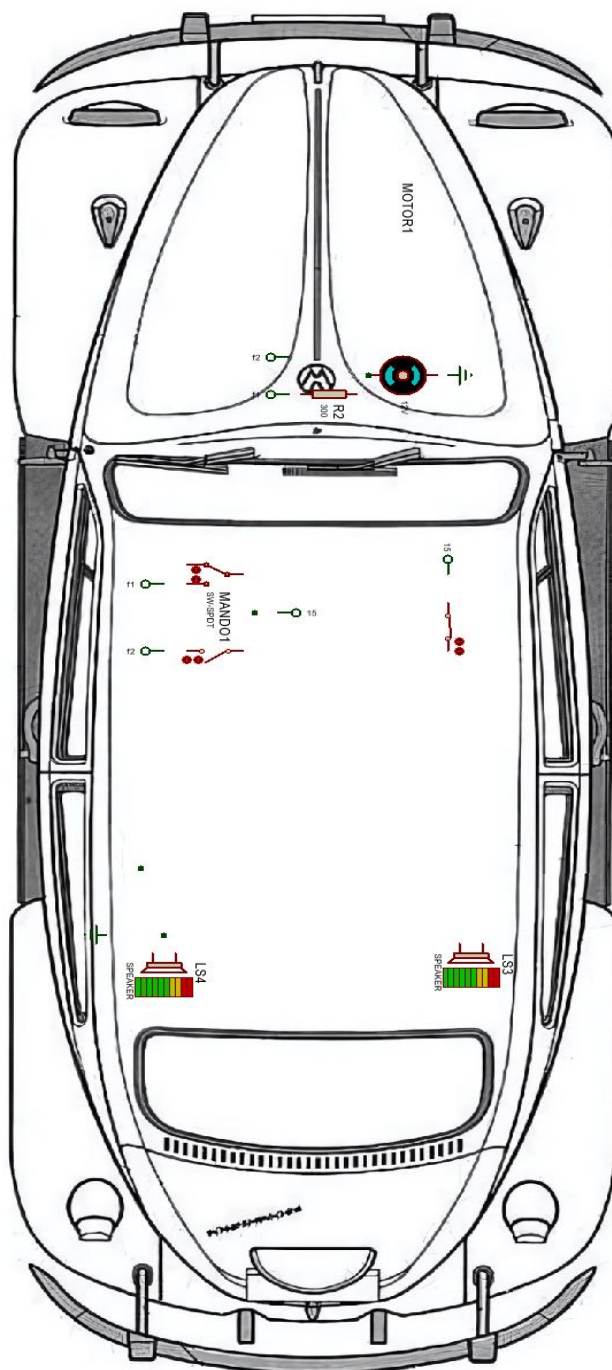


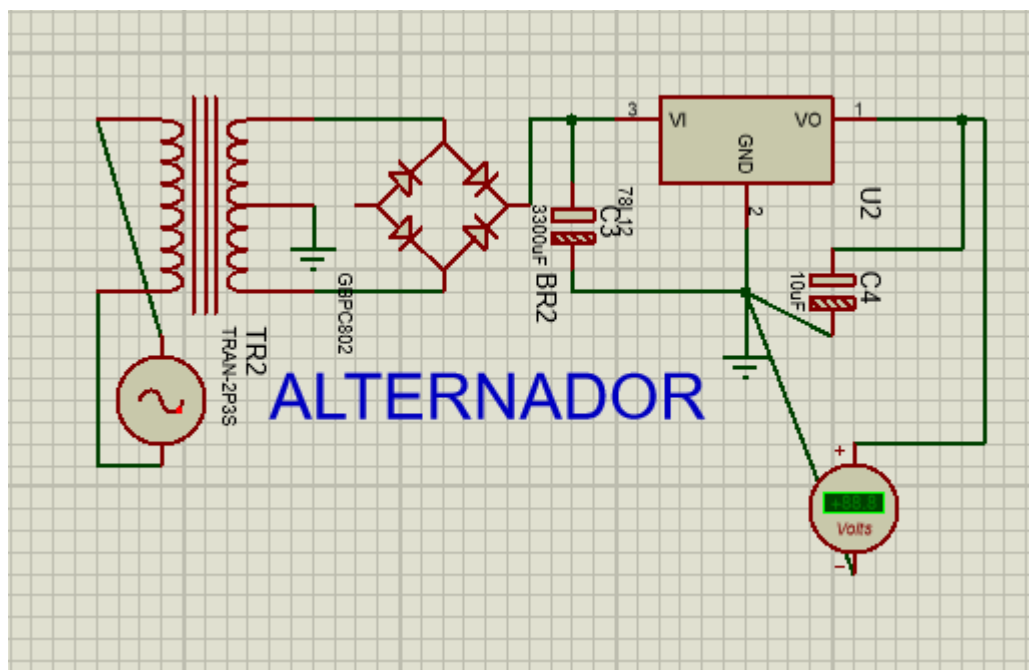
Anexo 4

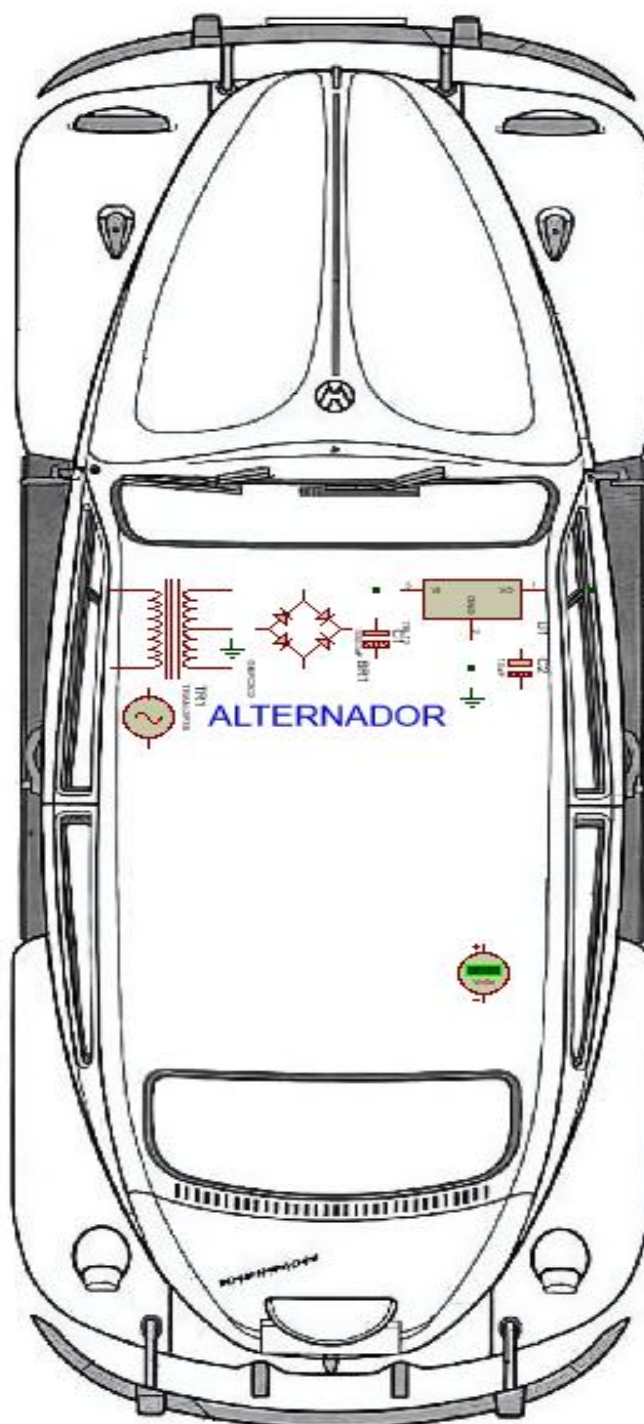
Sistema de iluminación en el vehículo



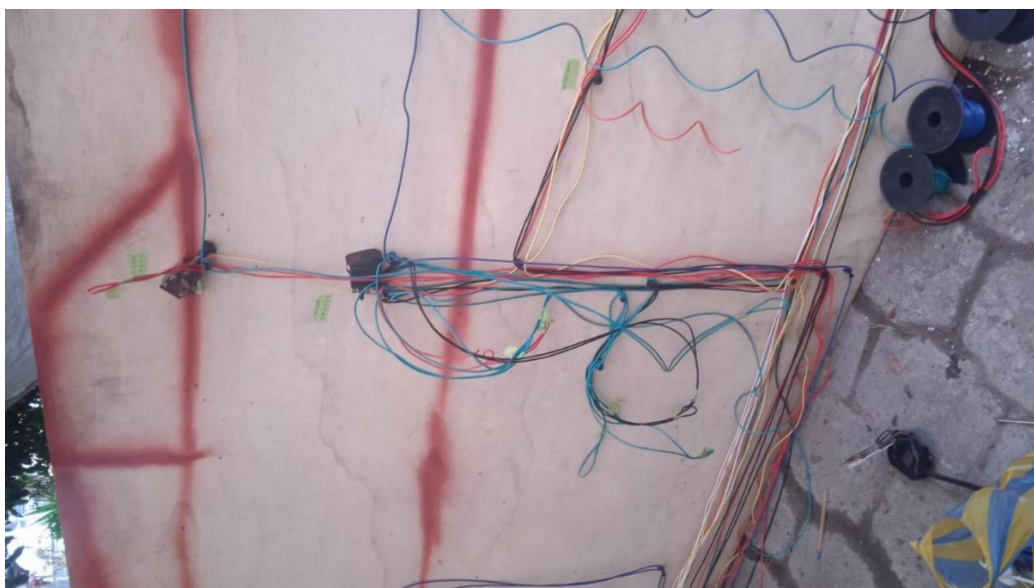
Anexo 5*Diagrama del sistema de accesorios*

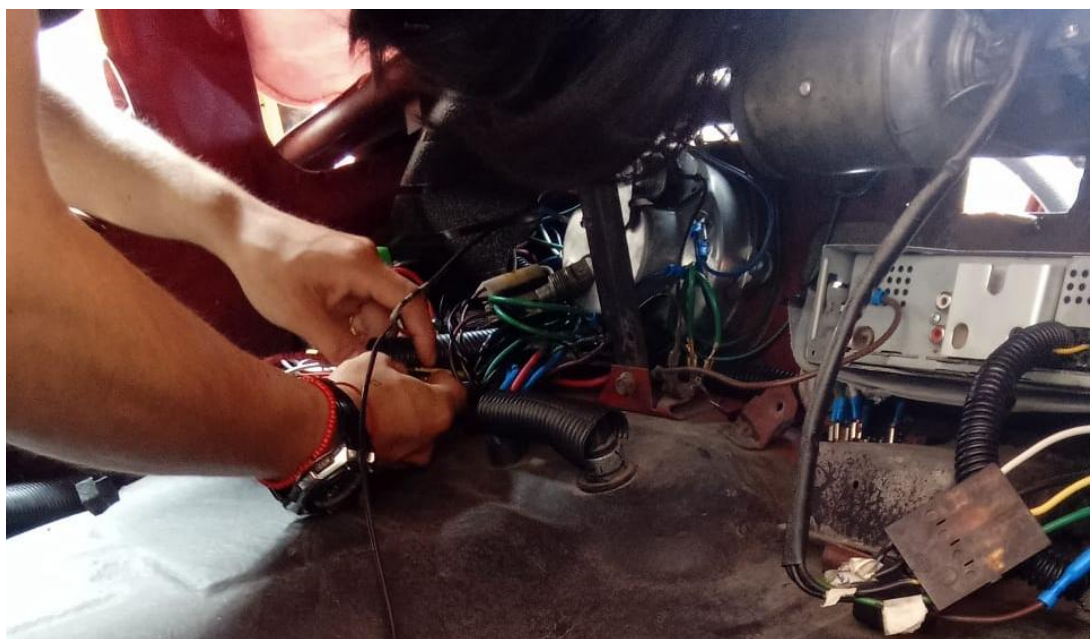
Anexo 6*Sistema de accesorios en el vehículo*

Anexo 7*diagrama del Alternador*

Anexo 8*Sistema de carga en el vehiculo*

Anexo 9*Desmontaje del arnés antiguo***Anexo 10***Desconexión de faros*

Anexo 11*Diagrama eléctrico en el tablero***Anexo 12***Sección del diagrama de control en el tablero*

Anexo 13*Conexión de fusiblera***Anexo 14***Conexión faros delanteros*

Anexo 15

Diagrama terminado

