



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**“TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA MOTO DE  
COMBUSTIÓN INTERNA A PROPULSIÓN ELÉCTRICA.”**

**Línea de investigación:** Gestión , producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.



**AUTORES:** Méndez Suarez Luis Ángel

Vilañez Moreta Andrés Sebastián.

**DIRECTOR:** Ing. Mafla Yépez Carlos Nolasco

Ibarra-Ecuador

**2024**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1004542625	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Méndez Suarez Luis Ángel	
DIRECCIÓN:		Ibarra	
EMAIL:		<a href="mailto:lamendezs@utn.edu.ec">lamendezs@utn.edu.ec</a>	
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0984843508

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	172301349-4	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Vilañez Moreta Andres Sebastian	
DIRECCIÓN:		Ibarra	
EMAIL:		<a href="mailto:asvilanezm@utn.edu.ec">asvilanezm@utn.edu.ec</a>	
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0987099430

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Transformación tecnológica de una moto de combustión interna a propulsión eléctrica.
AUTOR (ES):	Méndez Suarez Luis Ángel, Vilañez Moreta Andres Sebastian
FECHA: AAAAMMDD	2024-07-24
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Automotriz
DIRECTOR:	Ing. Mafla Yepez Carlos Nolasco

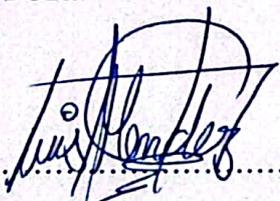
## AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Méndez Suarez Luis Ángel , con cédula de identidad Nro. 1004542625, y yo Vilañez Moreta Andres Sebastian, con cédula de identidad Nro. 172301349-4 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 24 días del mes de julio de 2024.

**EL AUTOR:**

Firma.....



Nombre: Méndez Suárez Luis Angel.

**EL AUTOR:**

Firma.....



Nombre: Vilañez Moreta Andrés Sebastian.

## CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días, del mes de Julio de 2024

**EL AUTOR:**

Firma.....  
Nombre: Méndez Suárez Luis Angel

**EL AUTOR:**

Firma.....  
Nombre: Vilañez Moreta Andres Sebastian

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 24 de julio de 2024

Ing. Carlos Mafla .MSc  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

### CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



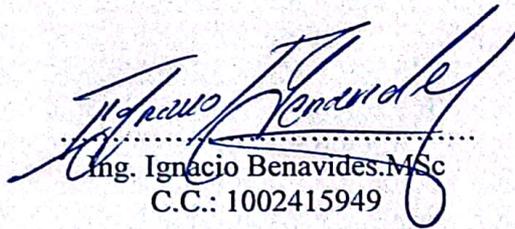
.....  
*Ing. Carlos Mafla .MSc*  
C.C.: 0401447826

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA MOTO DE COMBUSTIÓN INTERNA A PROPULSIÓN ELÉCTRICA." elaborado por Méndez Suárez Luis Angel, Vilañez Moreta Andres Sebastian previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



.....  
Ing. Carlos Mafla. MSc  
C.C.: 0401447826



.....  
Ing. Ignacio Benavides. MSc  
C.C.: 1002415949

## **DEDICATORIA**

Con profundo afecto, dedico este logro a mis amados padres, Araceli Suárez y Luis Santos Cortes, por su amor constante y su apoyo durante este largo viaje académico. Ellos me han inculcado que con trabajo y dedicación se alcanzan los sueños. Su sacrificio es ahora un triunfo que celebramos juntos. Han sido el pilar que siempre estuvo a mi lado, creyendo en mí y en mis habilidades. Les agradezco por su entrega total como padres, su perseverancia y su compañía en esta etapa de mi vida.

A mis queridos abuelitos, María Suárez y Alfonso Suárez, cuyo amor, sabiduría y afecto han sido una guía constante en mi vida. Sus palabras de aliento y sus relatos me han demostrado que todo es posible y que con esfuerzo puedo alcanzar cualquier meta que me proponga, siempre estando a mi lado para brindarme tranquilidad en los momentos difíciles.

A mis estimados tíos, Robinson Cuasquer y Yasmani Cuasquer, y a todos mis hermanos: Izamar Suárez, Jadira Suárez, Roberto Cortez, Mishel Cortez, quienes siempre han estado presentes con su apoyo incondicional y sus palabras de aliento. Su confianza en mí ha sido un impulso invaluable; todos ustedes han sido mis compañeros en este viaje académico.

Este logro no habría sido posible sin el amor, guía y apoyo incondicional de cada uno de ustedes. Dedico este trabajo con todo mi cariño y gratitud por haber sido mi roca durante este camino hacia la culminación de esta etapa tan importante de mi vida, y también decirles que este logro no solo es mío, sino de cada uno de ustedes, Dios les pague, por tanto.

**MÉNDEZ SUÁREZ LUIS ANGEL**

Dedico este trabajo de grado a mi madre Amparo Vilañez, por su amor incondicional y apoyo constante, siendo la guía inspiradora para superar obstáculos y no retroceder ante los desafíos. A mis tías Elizabeth Vilañez y Maritza Vilañez que, con su apoyo inquebrantable, han contribuido a mi formación profesional, inculcando valores y la importancia de la rectitud. Con honor dedico a mi abuela Rosa Vilañez, el pilar fundamental, cuyo amor y comprensión han sido esenciales para alcanzar mi sueño de convertirme en un profesional exitoso. Este momento marca la culminación de mi viaje académico y personal, reflejando el esfuerzo conjunto de mi familia que me apoya y cree en mis sueños.

**VILAÑEZ MORETA ANDRES SEBASTIAN**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, quiero agradecer a Dios por darme salud para enriquecerme con conocimientos día tras día. Mi más profundo agradecimiento al tutor de este proyecto, por su experta orientación y paciencia. A mi familia, y en especial a mis tías, por su apoyo incondicional tanto emocional como económico; su ayuda fue el motor que impulsó mi éxito. Un agradecimiento especial a mi madre Amparo Vilañez y padre Eduardo Chango, que, a pesar de la distancia, siempre estuvieron pendientes de mí, ayudándome en los momentos más difíciles y siendo un faro de amor y seguridad. Su apoyo fue invaluable. A mis amigos, les agradezco por compartir conocimientos que han sido fundamentales para mi avance académico y personal, convirtiéndose en compañeros de viaje en esta aventura del aprendizaje. En general, agradezco a cada persona que ha sido parte de este viaje educativo, ya que cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han sido esenciales en la construcción de un futuro prometedor.

### **VILAÑEZ MORETA ANDRES SEBASTIAN**

Primero que nada, quiero expresar mi gratitud a Dios por brindarme la fortaleza para avanzar sin importar las adversidades del camino y por colocar personas maravillosas en mi vida que me han apoyado de diversas maneras, animándome con un gesto de aliento y palabras de confianza.

Alejandra Montenegro, quiero dedicarte unas palabras sinceras de agradecimiento por ser mi apoyo incondicional, gracias por tu presencia constante, por escucharme sin juzgarme, por alentarme cuando dudaba y por tu cariño desinteresado. Sé que puedo contar contigo en cualquier circunstancia y eso es algo que valoro más de lo que las palabras pueden expresar. Este logro no habría sido posible sin tu ayuda, gracias por las noches en vela a mi lado brindándome tu apoyo y lo mejor de ti, por animarme en los momentos difíciles y por festejar cada pequeño éxito en mi camino hacia la culminación de esta etapa de mis estudios.

Deseo expresar mi gratitud a todas las personas que contribuyeron, de una forma u otra, para que pudiera concluir esta etapa exitosamente. A mis amigos, que fueron un pilar esencial y se convirtieron en mi familia: juntos lloramos en los momentos difíciles y reímos en los buenos. Gracias por todos los recuerdos que guardaré con gran afecto por el resto de mi vida.

### **MÉNDEZ SUÁREZ LUIS ANGEL**

## Resumen

Numerosos países están esforzándose por regular la contaminación vehicular. En Ecuador, un tercio de los vehículos registrados son motocicletas que apenas cumplen con los estándares mínimos de emisiones, lo cual es alarmante considerando la polución de CO, NOx y partículas sólidas que liberan al ambiente durante su funcionamiento. Este proyecto se centra en tal problemática y tiene como meta la transformación tecnológica de una motocicleta marca "LML" del año 2000 de 200 cm<sup>3</sup> y 2 tiempos a una de tracción eléctrica. Dicha motocicleta estaba destinada al desguace y se hallaba en la Universidad Técnica del Norte. La investigación evidenció que la innovación tecnológica puede mejorar significativamente el entorno reduciendo las emisiones contaminantes y el ruido, ofreciendo alternativas de movilidad y optimizando recursos existentes. Se llevaron a cabo pruebas de autonomía, mantenimiento y costos operativos, recabando datos sobre la investigación e implementación del nuevo sistema de tracción y resaltando los beneficios de la tecnología eléctrica. Se efectuaron tres pruebas de autonomía bajo distintas condiciones; la primera se realizó dentro del campus universitario, respetando las normativas de velocidad y con una carga máxima de 70 kg, demostrando una autonomía de 44,67 km. La segunda prueba se realizó en un trayecto de ida y vuelta desde el campus del Olivo hasta el campus del estadio de la universidad, en condiciones de tráfico real y con una carga de 140 kg, enfrentando pendientes pronunciadas, alcanzando una autonomía de 23,14 km. La tercera prueba, realizada en condiciones urbanas con pendientes, rectas y descensos, y un peso de 70 kg, permitió que la motocicleta alcanzara una autonomía de 35 km. En cuanto al tiempo de carga, se consiguió un tiempo aproximado de 4,22 horas para completar un ciclo de carga del 5% al 100% de la batería. Este proyecto arrojó resultados óptimos que cumplieron con los objetivos propuestos y abrieron camino a futuras investigaciones.

**Palabras clave.** Innovación tecnológica, conversión de combustión a eléctrica, motor eléctrico, movilidad eléctrica, movilidad sostenible.

## Abstract

Numerous countries are striving to regulate vehicle pollution. In Ecuador, one-third of registered vehicles are motorcycles that barely meet minimum emission standards. This is alarming considering the CO, NO<sub>x</sub>, and particulate matter they release into the environment during operation. This project focuses on this issue and aims to technologically transform a 2000 200 cm<sup>3</sup> two-stroke "LML" motorcycle into an electric-powered vehicle. This motorcycle was destined for scrap and was located at the Technical University of the North. The research showed that technological innovation can significantly improve the environment by reducing pollutant emissions and noise, offering mobility alternatives, and optimizing existing resources. Autonomy, maintenance, and operational cost tests were conducted, collecting data on the research and implementation of the new traction system, and highlighting the benefits of electric technology. Three autonomy tests were carried out under different conditions. The first was conducted within the university campus, adhering to speed regulations and with a maximum load of 70 kg, demonstrating an autonomy of 44.67 km. The second test involved a round trip from the Olivo campus to the university stadium campus, under real traffic conditions with a load of 140 kg and steep slopes, achieving an autonomy of 23.14 km. The third test, performed under urban conditions with slopes, straight roads, and descents, and a weight of 70 kg, allowed the motorcycle to reach an autonomy of 35 km. Regarding charging time, an approximate time of 4.22 hours was achieved to complete a charge cycle from 5% to 100% of the battery. This project yielded optimal results that met the proposed objectives and paved the way for future research.

**Keywords.** Technological innovation, conversion from combustion to electric, electric motor, electric mobility, sustainable mobility.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	13
Introducción .....	14
Planteamiento del Problema .....	14
Justificación .....	14
Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Alcance .....	15
CAPÍTULO I .....	16
1.Marco Teórico.....	16
1.1 Movilidad Sostenible .....	16
1.1.1 Importancia de la movilidad sostenible en el contexto actual .....	17
1.1.2 Beneficios de la movilidad sostenible.....	18
1.1.3 Iniciativas y políticas públicas de la movilidad sostenible .....	18
1.2 Impactos ambientales y sociales de la movilidad tradicional .....	19
1.3 Motocicletas eléctricas.....	19
1.3.1 Tipos de motocicletas eléctricas .....	20
1.3.2 Funcionamiento básico de una motocicleta eléctrica.....	21
1.3.3 Componentes de una motocicleta eléctrica.....	22
1.4 Conversión de motocicletas de combustión a eléctrica .....	23
1.4.1 Pasos y procedimientos para realizar la conversión. ....	23
1.5 Ventajas y desventajas de las motocicletas eléctricas en comparación con las de combustión interna.....	25
1.6 Tecnología de motores eléctricos.....	25
1.6.1 Eficiencia energética de los motores eléctricos .....	25

1.6.2 Principios de funcionamiento de los motores eléctricos.....	26
1.7 Motor Brushless.....	30
1.7.1 Componentes del motor brushless.....	31
1.7.2 Ventajas y desventajas del motor brushless.....	31
1.8 Controladores electrónicos.....	32
1.8.1 Ventajas y desventajas del controlador electrónico.....	32
1.9 Tecnología de baterías para motocicletas eléctrica.....	33
1.9.1. Tipos de baterías para motocicletas eléctricas.....	33
1.9.2. Seguridad y mantenimiento de las baterías.....	34
1.10 Batería plomo-acido.....	34
1.11 Impacto ambiental de las motocicletas eléctricas.....	35
1.11.1. Emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes.....	35
1.12 Comparación del impacto ambiental de las motocicletas eléctricas y de combustión.....	36
1.13 Aspectos económicos y financieros.....	36
1.13.1 Costos de adquisición de una motocicleta eléctrica.....	36
1.13.2 Costos de operación y mantenimiento.....	37
1.14 Marco legal y normativo.....	37
1.14.1 Normas de seguridad para la fabricación y circulación de motocicletas eléctricas.....	37
1.14.2 Permisos y requisitos para la conducción de motocicletas eléctricas.....	38
CAPÍTULO II.....	39
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
2.1 Materiales.....	39
2.1.1 Motor Brushless.....	40
2.1.2 Batería ácido-plomo seca Valve Regulated Lead Acid (VRLA).....	41
2.1.3 Controlador.....	42
2.1.4 Acelerador.....	43
2.1.5 Velocímetro digital.....	44
2.1.6 Sistema de carga.....	45
2.1.7 Sistema de Frenos.....	46
2.1.8 Convertidor DC-DC.....	47
2.1.9 Amortiguadores.....	48
2.2 Métodos.....	48

2.2.1 Dimensionamiento del motor eléctrico .....	50
2.2.2 Diseño mecánico .....	56
2.2.3 Implementación del sistema de propulsión eléctrica .....	62
CAPÍTULO III.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	68
3.1 Instalación de los componentes .....	69
3.1.1 Adaptación del nuevo soporte del motor (tijera) .....	69
3.1.2 Montaje del amortiguador.....	70
3.1.3 Montaje del motor eléctrico .....	70
3.1.4 Adaptación del freno posterior.....	71
3.1.5 Montaje de las baterías y su soporte .....	72
3.1.6 Montaje del controlador.....	72
3.1.7 Montaje eléctricos y accesorios .....	73
3.2 Autonomía.....	77
3.2.1 Análisis de recorrido .....	77
3.2.2 Cálculos de autonomía.....	80
3.2.2. Análisis de Autonomía.....	82
3.3 Análisis tiempo de carga.....	82
3.4 Costos de mantenimiento y operación. ....	83
3.4.1 Costos de mantenimiento preventivo.....	83
3.4.2 Costos de operación . ....	85
CAPÍTULO 4.....	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
4.1 Conclusiones .....	88
4.2 Recomendaciones .....	90
Bibliografía .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movilidad sostenible .....	16
Figura 2. Salud y movilidad.....	17
Figura 3. Beneficios de la movilidad sostenible. ....	18
Figura 4. Iniciativas y políticas públicas en favor de la movilidad sostenible .....	19
Figura 5. Impacto ambiental .....	19
Figura 6. Patente de la primera motocicleta eléctrica .....	20
Figura 7. Esquema de la motocicleta eléctrica de la marca Zero S .....	20
Figura 8. Procedimiento para la conversión. ....	24
Figura 9. Imanes permanentes .....	26
Figura 10. Clases de motores eléctricos.....	27
Figura 11. Motor Asíncrono. ....	27
Figura 12. Motor Síncrono De Imanes Permanentes. ....	28
Figura 13. Motor Síncrono De Reluctancia Conmutada.....	29
Figura 14. Motor Con Escobillas De Imanes Permanentes .....	29
Figura 15. Motor sin escobillas de imanes permanentes (CC) .....	30
Figura 16. Motor brushless. ....	31
Figura 17. Emisiones de efecto invernadero y gases .....	36
Figura 18. Motor brushless 12 pulgadas.....	40
Figura 19. Batería de plomo acido .....	42
Figura 20. Controlador brushless direct current (BLDC) .....	43
Figura 21. Acelerador moto eléctrica.....	44
Figura 22. Velocímetro moto eléctrica .....	44
Figura 23. Cargador moto eléctrica .....	45
Figura 24. Cortacorriente moto eléctrica .....	46
Figura 25. Puerto de carga .....	46
Figura 26. Convertidor DC-DC .....	47
Figura 27. Amortiguadores .....	48
Figura 28. Pasos específicos para la metodología .....	49
Figura 29. Silueta de la moto con pasajero .....	51
Figura 30. Cálculo del área de la silueta .....	51

Figura 31. Análisis desplazamiento de la tijera. ....	57
Figura 32. Análisis factor de seguridad de la tijera. ....	58
Figura 33. Diseño soporte amortiguador. ....	59
Figura 34. Análisis de desplazamiento del soporte amortiguador .....	59
Figura 35. Análisis de las tensiones del soporte del amortiguador .....	60
Figura 36. Análisis de desplazamiento soporte-batería interna .....	61
Figura 37. Análisis de desplazamiento soporte-batería interna .....	61
Figura 38. Análisis Factor de seguridad de soporte baterías .....	62
Figura 39. Análisis factores de seguridad de soporte baterías internas .....	62
Figura 40. Metodología del sistema de propulsión eléctrica .....	62
Figura 41. Representación gráfica del controlador .....	64
Figura 42. Representación gráfica-conexión de baterías. ....	66
Figura 43. Representación gráfica del sistema de accesorios .....	67
Figura 44. Diagrama de resultados .....	69
Figura 45. Montaje de la tijera, .....	70
Figura 46. Montaje del amortiguador al scooter eléctrico .....	70
Figura 47. Posicionamiento del motor eléctrico .....	71
Figura 48. Adaptación freno posterior .....	72
Figura 49. Soporte de las baterías instaladas .....	72
Figura 50. Controlador instalado .....	73
Figura 51. Conexión fases del motor .....	73
Figura 52. Conexiones del interruptor .....	74
Figura 53. Mandos del scooter eléctrico .....	74
Figura 54. Socket de mandos .....	75
Figura 55. Sockets conexión convertidor .....	75
Figura 56. Acelerador electrónico .....	76
Figura 57. Conexión completa .....	76
Figura 58. Ruta prueba 1 .....	77
Figura 59. Ruta prueba 2 .....	78
Figura 60. Ruta prueba 3 .....	79
Figura 61 Grafica resultados autonomía .....	82

Figura 62. Gráfico comparativo con respecto al mantenimiento preventivo de una motocicleta de motor eléctrico vs motor a gasolina.....85

Figura 63. Comparativa del consumo entre motocicletas con motor eléctrico y motor de gasolina. ....87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de motocicletas eléctricas .....	21
Tabla 2. Motocicletas eléctricas en comparación con las de combustión interna. ....	25
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los motores eléctricos .....	32
Tabla 4. Ventajas y desventajas de controladores electrónicos. ....	33
Tabla 5. Tipos de baterías para motocicletas eléctricas .....	34
Tabla 6. Ventajas y desventajas de batería ácido- plomo. ....	35
Tabla 7. Materiales eléctricos y mecánicos para la transformación .....	40
Tabla 8. Características específicas motor brushless .....	41
Tabla 9. Especificaciones batería ácido-plomo .....	42
Tabla 10. Características del controlador (BLDC) modelo 60/70 .....	43
Tabla 11. Sistema de frenos .....	47
Tabla 12. Parámetros establecidos para dimensionamiento. ....	50
Tabla 13. Coeficientes aerodinámicos. ....	52
Tabla 14. Resultado cálculo de resistencias.....	56
Tabla 15. Parámetros SolidWorks. ....	57
Tabla 16. Parámetro-Soporte batería externas .....	60
Tabla 17. Parámetros Soporte baterías internas .....	61
Tabla 18. Conexiones del controlador .....	65
Tabla 19. Parámetros prueba 1 .....	78
Tabla 20. Resultados prueba 1 .....	78
Tabla 21. Parámetros prueba 2.....	79
Tabla 22. Resultados prueba 2 .....	79
Tabla 23. Parámetros prueba 3.....	80
Tabla 24. Resultados prueba 3 .....	80
Tabla 25. Resultados pruebas de ruta 1, 2, 3 .....	80
Tabla 26. Resultados intensidad de descarga.....	81
Tabla 28. Resultados autonomía. ....	82
Tabla 27. Parámetros de carga .....	83
Tabla 29. Costos mantenimiento motor de combustión interna .....	84
Tabla 30. Costos mantenimiento motor eléctrico .....	84
Tabla 31. Costos de manejo-motor combustión .....	86

Tabla 32. Costos de operación de la motocicleta eléctrica .....	86
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) Área total .....	51
Ecuación (2) Coeficiente de forma .....	51
Ecuación (3) Resistencia Aerodinámica. ....	52
Ecuación (4) Resistencia a la Rodadura.....	53
Ecuación (5) Resistencia de masas .....	54
Ecuación (6) Resistencia a la pendiente.....	54
Ecuación (7) Resistencia total.....	55
Ecuación (8) Potencia total. ....	55
Ecuación (9) Descarga de la batería.....	81
Ecuación (10) Intensidad de descarga de batería. ....	81
Ecuación (11) Autonomía en horas.....	81
Ecuación (12) Autonomía en km .....	81
Ecuación (13) Carga de batería.....	83
Ecuación (14) Potencia de cargador .....	86

# **Introducción**

## **Planteamiento del Problema**

La preocupación por el impacto ambiental de los vehículos de combustión interna en Ecuador está aumentando. Recientes estudios sobre la huella de carbono de estos vehículos muestran que emiten 236.16 gCO<sub>2</sub>/km, frente a los 63.14 gCO<sub>2</sub>/km de los vehículos eléctricos [1], lo que subraya la urgencia de cambiar hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. Las motocicletas antiguas y económicas, aunque accesibles, representan un desafío ambiental significativo. La falta de tecnologías modernas de control de emisiones en estos vehículos puede resultar en una mayor liberación de contaminantes nocivos. Estas emisiones contribuyen a la degradación de la calidad del aire, lo que puede tener efectos adversos en la salud pública, incluyendo el aumento de enfermedades respiratorias. Es esencial promover la concienciación sobre el impacto ambiental y la adopción de medidas preventivas para mitigar estos efectos negativos. No obstante, es necesario mejorar la infraestructura para vehículos eléctricos, incluyendo estaciones de carga y servicios de mantenimiento adecuados.

## **Justificación**

Actualmente en la provincia de Imbabura, los vehículos de combustión interna, a gasolina o diésel, han ganado gran acogida como transporte personal, público y para comercialización de productos, pues son de fácil acceso y económicamente rentable, también por la dependencia de combustibles extraídos del petróleo, mismos que aumentan los gases de efecto invernadero, generan contaminación auditiva, asimismo al considerar la escases que se está produciendo de petróleo por ser un recurso limitado que con el paso del tiempo presentará una mayor demanda, aumentando significativamente su valor.

El presente proyecto trata de generar un avance tecnológico, investigativo y técnico para impulsar nuevas alternativas de movilidad en la industria automotriz, la investigación se orienta hacia la identificación y el desarrollo de tecnologías que permitan una transición efectiva hacia sistemas de propulsión y energía que generen cero emisiones contaminantes. Esta dirección no solo es vital para mitigar los impactos negativos del cambio climático, sino que también representa una oportunidad para impulsar la innovación y la competitividad en el sector automotriz.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General.***

Trasformar tecnológicamente una motocicleta de combustión interna a propulsión eléctrica con el fin de facilitar el transporte dentro del campus universitario.

### ***Objetivos Específicos.***

- Investigar bibliográficamente conceptos relacionados con las transformaciones tecnológicas en motores de combustión a eléctricos.
- Identificar la motocicleta ideal según su relación peso potencia para la implementación de la propulsión eléctrica.
- Determinar componentes de recambio a utilizar en la transformación tecnológica.
- Diseñar y fabricar los elementos y adecuaciones necesarias en el sistema de tracción a implementar.
- Implementar al vehículo base el sistema de tracción eléctrico.
- Análisis de la autonomía y tiempo de carga de la mejora tecnológica implementada en el vehículo base.

## **Alcance**

El presente proyecto pretende realizar la conversión de una motocicleta de combustión interna a eléctrica, por lo cual se planificó adquirir los componentes eléctricos necesarios tales como la batería, el cargador, controlador, motor eléctrico, entre otros accesorios, teniendo en cuenta la calidad y el costo de cada uno de ellos. Además, se proyecta la realización del diseño técnico del sistema eléctrico, considerando la compatibilidad, para la integración en la estructura de la motocicleta. En cuanto a costos se estima ahorrar y reutilizar materiales, desarrollando la respectiva comparación de costos. Se espera generar y ejecutar un conjunto de evaluaciones para medir el rendimiento de la motocicleta en condiciones reales de uso. Este proyecto se estima finalizar en el trayecto de 8 meses.

# CAPÍTULO I

## 1.Marco Teórico

En este apartado se abarcará diversos aspectos fundamentales. Primero, se aborda la historia y evolución de los vehículos eléctricos, se destaca sus ventajas ambientales sobre los vehículos de combustión interna. Posteriormente, se estudia la tecnología de baterías, principalmente de ácido-plomo, las cuales son esenciales para el funcionamiento óptimo de las motos eléctricas, como su capacidad de almacenamiento, tiempos de carga y ciclo de vida. Además, se evalúan los motores eléctricos, en comparación con los motores de combustión en términos de rendimiento, mantenimiento y eficiencia. Se establece una revisión de los componentes electrónicos y sistemas de control los cuales son necesarios para la conversión, como los controladores de motor. En este apartado también se explora el impacto ambiental de las motos eléctricas, desde la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, hasta el análisis del ciclo de vida de los materiales que son utilizadas en las baterías. Como último punto, se consideran los aspectos económicos, normativos, analizando los costos de conversión, incentivos gubernamentales y las regulaciones vigentes que afectan tanto la producción como el uso de vehículos eléctricos.

### 1.1 Movilidad Sostenible

La movilidad sostenible tiene como objetivo satisfacer de forma eficiente y segura la necesidad que tienen las personas y la sociedad de desplazarse de un lugar a otro, con un mínimo impacto ambiental [2]. Se basa en el uso de medios de transporte que generen los mínimos niveles de emisiones contaminantes, como vehículos eléctricos, bicicletas, y transportes colectivos públicos como se indica en la Figura 1.

**Figura 1.** Movilidad sostenible.



**Nota:** Ilustración grafica de lo que representa la movilidad sostenible [3].

### **1.1.1 Importancia de la movilidad sostenible en el contexto actual**

La movilidad sostenible (Figura 2) es crucial para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, influyendo en los niveles de contaminación generados y así fomentando el uso de vehículos eléctricos, se ha convertido en la actualidad en un tema de vital importancia en el contexto social debido a los siguientes motivos [4].

**Figura 2.** Salud y movilidad.



**Nota.** En la gráfica se muestra un entorno saludable [5].

#### **1.1.1.1 Cambio climático.**

La movilidad sostenible busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pues el sector del transporte es uno de los principales emisores de este tipo de gases, además de concienciar a la sociedad para disminuir los efectos del cambio climático.

#### **1.1.1.2 Contaminación atmosférica.**

Con la movilidad sostenible se mejora la calidad del aire en las ciudades del mundo, pues la contaminación se ha convertido en un problema grave que afecta a la salud pública y al medio ambiente alrededor del mundo.

#### **1.1.1.3 Dependencia del petróleo.**

En Ecuador, debido a que se depende altamente del petróleo y tomando en cuenta que este es un recurso no renovable, con la movilidad sostenible se puede reducir la dependencia de este recurso y promover diferentes alternativas.

#### **1.1.1.4 Congestión urbana.**

En muchas ciudades del mundo incluido el Ecuador, se aprecia la congestión urbana que afecta al desplazamiento de las personas, por lo que con las alternativas que brinda la movilidad sostenible, se ayudaría a reducir la congestión y mejorar la fluidez del tráfico.

### **1.1.1.5 Salud pública.**

Al promover la caminata y el uso de bicicletas la movilidad sostenible contribuye al mejoramiento de la salud pública de la sociedad.

### **1.1.2 Beneficios de la movilidad sostenible**

La movilidad sostenible ofrece una serie de beneficios entre los que se encuentra principalmente la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la contaminación y el ruido, también logra mejorar la calidad de vida en las ciudades, reduciendo el tráfico vehicular y el ruido como se muestra en la Figura 3, donde se observa un esquema sobre cómo sería la confluencia social entorno a la movilidad sostenible [2].



**Nota.** En la imagen se muestra el beneficio de la movilidad sostenible [6].

### **1.1.3 Iniciativas y políticas públicas de la movilidad sostenible**

Existen varias iniciativas y políticas públicas en favor de la movilidad sostenible aplicadas actualmente en diferentes países del mundo, donde los gobiernos están promoviendo el uso del transporte público (Figura 4), mediante la construcción de infraestructuras generadoras de energía adecuadas, mejoramiento de frecuencias, así como puntualidad en los recorridos y reducción en las tarifas [7].

De igual forma, se ofrecen: incentivos por la compra de vehículos eléctricos, reducción de costos, descuentos en matriculación, zonas de circulación preferencial, subsidios en las planillas de energía eléctrica, entre otros beneficios.

Considerando el contexto local en ciudad de Ibarra, se han promovido campañas de concienciación por parte de las autoridades, para promover uso de la bicicleta, como alternativa de actividad física, que reduzca la dependencia de vehículos convencionales en la movilización [8].

**Figura 4.** Iniciativas y políticas públicas en favor de la movilidad sostenible.



**Nota.** En la figura se observa cómo se incentiva el uso de bicicletas, para disminuir el uso de transporte convencional [8].

## 1.2 Impactos ambientales y sociales de la movilidad tradicional

La movilidad tradicional, que se basa en el uso de vehículos de combustión interna, conlleva un impacto ambiental y social negativo, como consecuencia de que estos vehículos emiten gases de efecto invernadero que contribuye al cambio climático como se muestra en la Figura 5, además de emitir ruidos molestos y ser la principal causa de accidentes de tránsito [9].

**Figura 5.** Impacto ambiental.

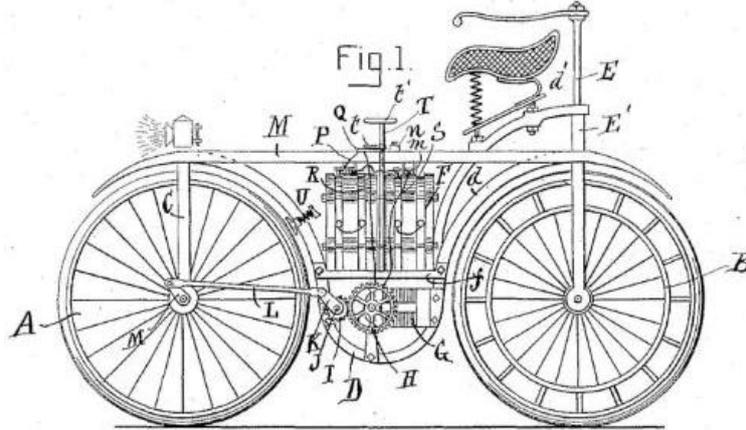


**Nota.** En la gráfica se muestra cómo puede cambiar el ambiente si incluyéramos transportes que no son dañinos para el medio ambiente [10].

## 1.3 Motocicletas eléctricas

Las motocicletas eléctricas tienen un amplio recorrido en la historia de los avances en la movilidad humana, que se remonta a finales del siglo XIX, cuando se registraron patentes tanto en Francia como en Estados Unidos (Figura 6). Sin embargo, después de numerosos desarrollos fue hasta principios del siglo XXI en que la tecnología de las baterías y los motores eléctricos experimentó un progreso significativo, que permitió el desarrollo de motocicletas eléctricas prácticas y con buena eficiencia [11].

**Figura 6.** Patente de la primera motocicleta eléctrica.



**Nota.** Esquema de la patente de la primera motocicleta eléctrica [12].

En la actualidad, las motocicletas eléctricas (Figura 7), se han popularizado cada vez más como alternativa a motorizados de combustión interna, esto a causa de una serie de factores, como la creciente preocupación de la sociedad por el medio ambiente, el aumento constante del precio del combustible y las mejoras tecnológicas en las motocicletas eléctricas como la mayor autonomía.

**Figura 7.** Esquema de la motocicleta eléctrica de la marca Zero S.



**Nota.** Representación gráfica de una motocicleta eléctrica tipo naked [13].

### ***1.3.1 Tipos de motocicletas eléctricas***

Cada año aumenta la demanda de las motocicletas eléctricas, por lo que han emergido nuevos modelos con prestaciones que igualan o en ocasiones superan a las de combustión interna. La mayor parte de modelos de motos eléctricas que se encuentran disponibles en el mercado pertenece a alguno de estos cinco tipos [14] como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de motocicletas eléctricas

<b>Tipos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>Motocicleta</b>	Son las más comunes del mercado y se caracterizan por su diseño simple y compacto que brinda una facilidad a la hora de conducir las.	
<b>Cross</b>	Son ideales para usuarios que prefieren la potencia y el poder de enfrentarse a todo tipo de terreno.	
<b>Enduro</b>	Son similares a las de Cross, pero estas priorizan la velocidad, aceleración y el frenado.	
<b>Naked</b>	Son motocicletas sin carenado, lo que las hace más ligeras y ágiles en entornos urbanos.	
<b>Deportiva</b>	Son las más rápidas y potentes, dirigidas a un perfil de usuarios considerados motociclistas profesionales.	

**Nota.** Descripción de los tipos de motocicletas eléctricas disponibles en el mercado [14].

### ***1.3.2 Funcionamiento básico de una motocicleta eléctrica.***

Las motocicletas eléctricas funcionan de forma muy similar a las bicicletas eléctricas, pues cuentan con un motor eléctrico alimentado por una batería que proporciona la energía necesaria para movilizar la motocicleta en distancias específicas que depende de varios factores como: peso, nivel de inclinación entre otros. El mecanismo de funcionamiento se basa en que

el motor eléctrico está conectado a la rueda trasera, mediante una cadena o una correa, o incluso en ocasiones el motor se encuentra dentro de la rueda trasera [15].

Con respecto a la aceleración, por medio de un acelerador, el conductor va controlando la velocidad de la motocicleta de acuerdo con la necesidad de movimiento en la mayoría de las motocicletas eléctricas se cuenta también con un sistema de frenado regenerativo, que ayuda a ir recargando la batería conforme se utiliza el freno.

### ***1.3.3 Componentes de una motocicleta eléctrica.***

Una motocicleta eléctrica consta de varios componentes que al funcionar coordinadamente generan propulsión y movimiento. A continuación, se detallan dichos componentes [11].

#### **1.3.3.1 Motor Eléctrico.**

Proporciona la energía necesaria para mover la motocicleta, los motores eléctricos se pueden clasificar en motores de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC). Los motores AC, como los de inducción y los de imanes permanentes, son habituales debido a su eficiencia y potencia [16]. La potencia del motor se mide en kilovatios (kW) e influye directamente en la aceleración y la velocidad máxima alcanzada.

#### **1.3.3.2 Baterías.**

Almacenan la energía que alimenta el motor eléctrico. Las motocicletas eléctricas suelen utilizar baterías de iones de litio por su alta densidad de energía y vida útil. La capacidad de la batería se mide en kilovatios-hora (kWh) y establece la autonomía de la motocicleta eléctrica. El controlador es el encargado de regular la energía que segrega desde la batería al motor eléctrico, controlando la velocidad y la aceleración [17].

#### **1.3.3.3 Controlador.**

Cuando se menciona el termino controlador, se habla del cerebro del vehículo eléctrico, ya que el controlador es de las piezas fundamentales para el funcionamiento del motor, esta pieza es la encargada de cumplir múltiples funciones, de las más importantes está el control de la velocidad, puede lograr esto mediante la cantidad de corriente que envía al motor de forma precisa y con la modulación adecuada. Otra de las características que se puede mencionar es que nos permite manejar el sentido de giro del motor y la potencia, lo que nos da el control para poder acelerar, frenar o mantener una velocidad deseada [18].

## **1.4 Conversión de motocicletas de combustión a eléctrica**

La conversión de una motocicleta de combustión a eléctrica significa la realización de una serie de modificaciones técnicas, iniciando principalmente por la selección de un motor eléctrico compatible con las características de la motocicleta original en conjunto con las baterías que puedan proporcionar la energía requerida, para el funcionamiento del motor [19]

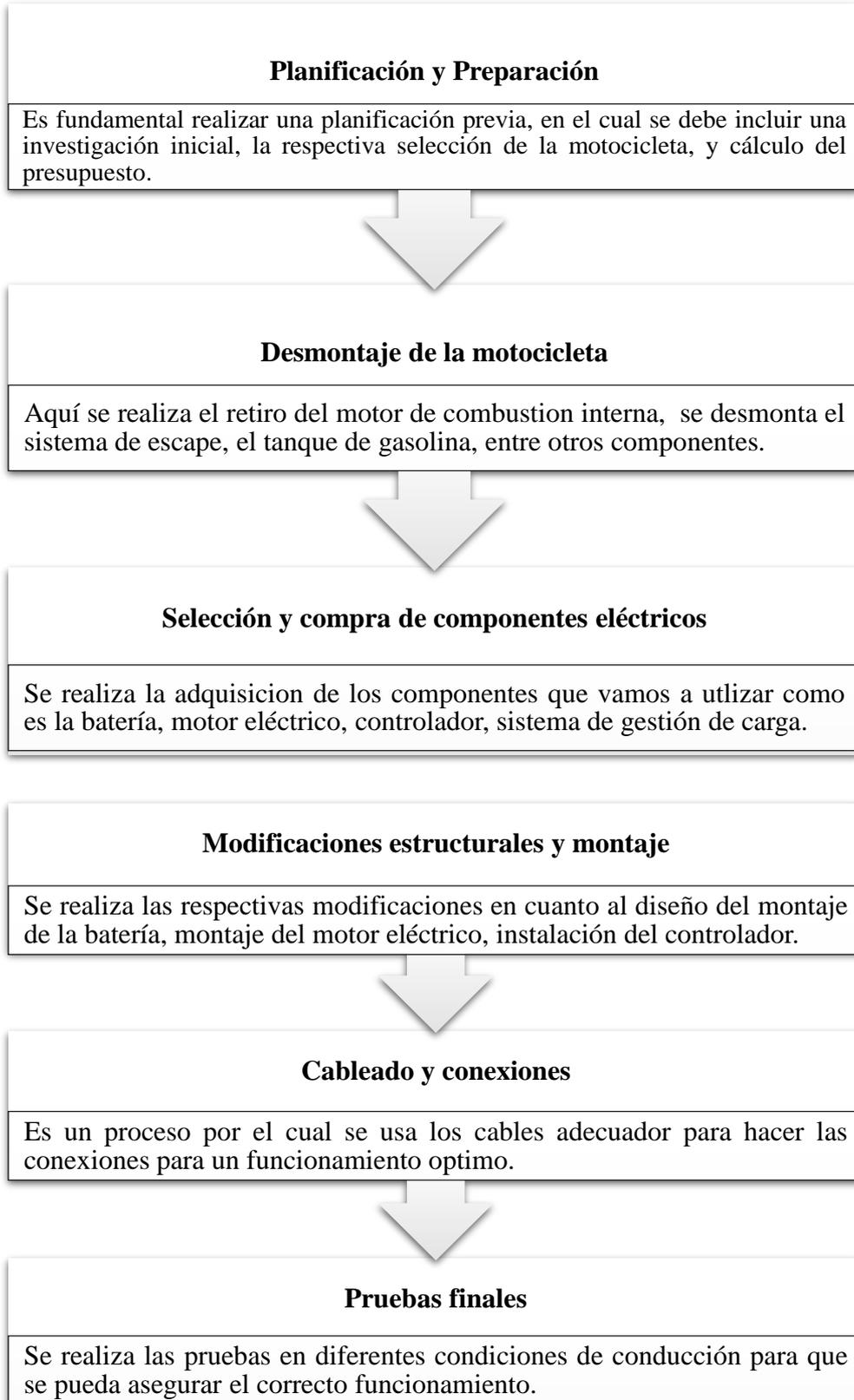
También se necesita instalar un controlador electrónico que permita regular el paso de la corriente al motor eléctrico, así mismo, el sistema de carga para la batería debe contar con un cargador de pared o portátil. Por último, se debe considerar la modificación del chasis y otros elementos estructurales del automotor, para encajar los nuevos componentes eléctricos, así como el sistema de frenado [19].

### ***1.4.1 Pasos y procedimientos para realizar la conversión.***

La conversión de una motocicleta de combustión interna a eléctrica es un proceso complejo como se muestra en la Figura 8 que requiere una comprensión profunda de los sistemas mecánicos y eléctricos. El primer paso es desmontar el motor de combustión y cualquier otro componente relacionado con el sistema de combustible. Luego, se selecciona un motor eléctrico adecuado que se ajuste al chasis de la motocicleta y se determina la ubicación óptima para las baterías, que deberán proporcionar un equilibrio adecuado y no sobrecargar ninguna parte de la motocicleta. Se debe diseñar un sistema de gestión de baterías para garantizar la seguridad y la eficiencia en la carga y descarga de energía. Además, es crucial adaptar o reemplazar el sistema de transmisión para que sea compatible con el nuevo motor eléctrico [20].

Una vez que se han realizado estas modificaciones, se procede a la instalación del sistema eléctrico, incluyendo el controlador del motor, el cableado y los dispositivos de seguridad necesarios. Es importante también considerar la refrigeración del motor eléctrico, ya que puede generar calor durante su funcionamiento. La conversión debe cumplir con las normativas de tráfico y seguridad vigentes, lo que implica la homologación de los cambios realizados. Esto incluye la instalación de un limitador de velocidad, el cambio del tacómetro y la obtención de un certificado que homologue el motor eléctrico [20].

**Figura 8.** Procedimiento para la conversión.



**Nota.** En la tabla se observa los pasos y procedimiento en la conversión. Tomada de herramienta Microsoft “Visio”, Méndez y Vilañez (2024).

## 1.5 Ventajas y desventajas de las motocicletas eléctricas en comparación con las de combustión interna

Las motocicletas eléctricas han incrementado su popularidad en la sociedad durante los últimos años [21]. En ciudades de todo el mundo incluidas las de Ecuador, se pueden ver estas motos circulando, aportando a los usuarios tanto ventajas como desventajas en su uso como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Motocicletas eléctricas en comparación con las de combustión interna.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Gran rentabilidad por el costo bajo de la electricidad.	Tienen una menor autonomía que las de combustión interna.
Mejoran la eficiencia energética y fomentan el transporte limpio.	Para cargarse son necesarias varias horas.
Son más silenciosas que las de combustión interna.	En Ecuador existen modelos más caros que los de combustión interna.
Tienen una mejor eficiencia energética que las de combustión interna.	Aun es escasa la infraestructura de carga para motocicletas eléctricas en la ciudad.
Requieren menos mantenimiento.	
Se pueden recargar en cualquier enchufe de pared, lo que las hace muy convenientes.	

**Nota.** En la tabla se puede observar las principales ventajas y desventajas del uso de una motocicleta eléctrica [21].

## 1.6 Tecnología de motores eléctricos

La tecnología de motores eléctricos ha ido avanzada en las últimas décadas, cambiar es una opción viable y eficiente para diversas aplicaciones, incluyendo la automoción. Los motores eléctricos operan basándose en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, usando principios electromagnéticos. Son potencialmente eficientes, y se caracterizan por tener eficiencias superiores al 90%, por lo que son más eficientes en términos de consumo energético [22].

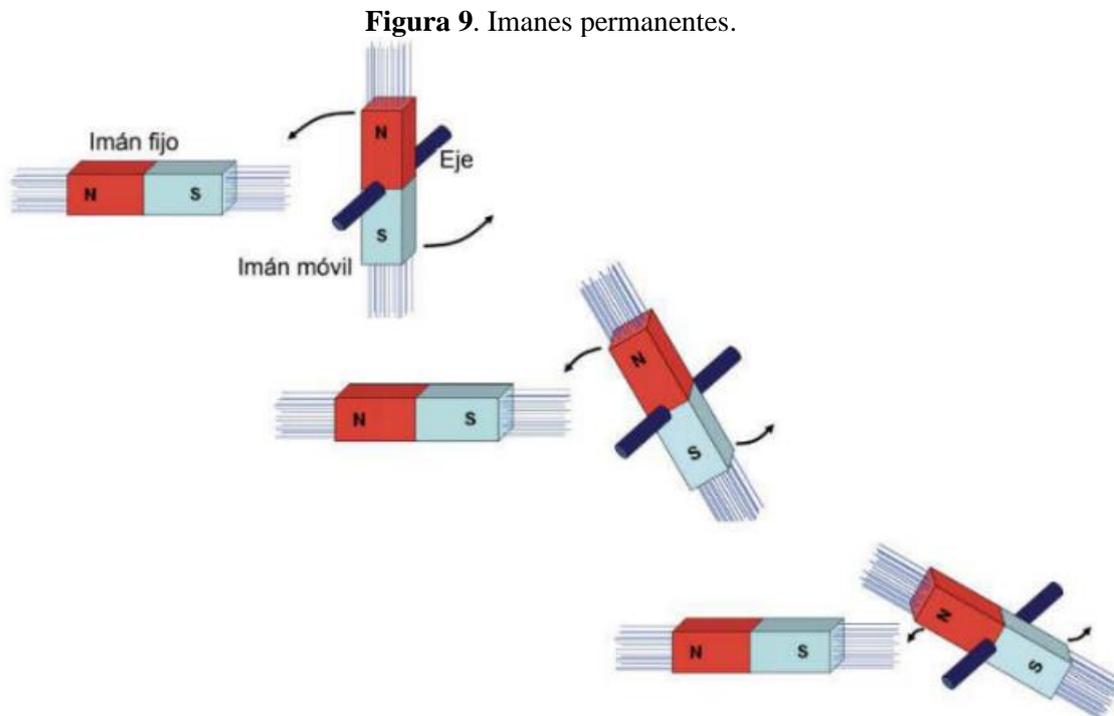
### 1.6.1 Eficiencia energética de los motores eléctricos

Es cierto que los motores eléctricos ofrecen una eficiencia energética superior en comparación con los motores de combustión interna. La eficiencia de un motor eléctrico es superior y puede brindar hasta un 95% de eficiencia, en comparación con la que entregan los motores de interna, mismo que oscila entre un 20% y 40% de eficiencia [23].

### 1.6.2 Principios de funcionamiento de los motores eléctricos

Los motores eléctricos funcionan mediante la interacción de un campo magnético que se crea por una corriente eléctrica previamente generada por un imán permanente, interacción que da como resultado una fuerza que hace girar el rotor del motor [24].

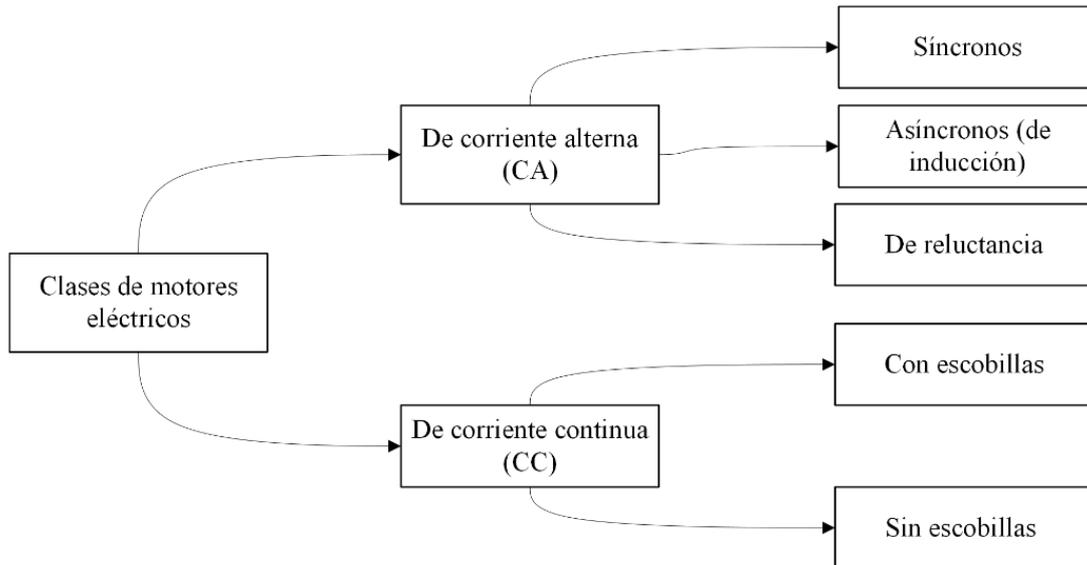
El funcionamiento de los motores eléctricos se basa en las leyes del electromagnetismo, que se aplican a la interacción de campos magnéticos. Dos campos magnéticos de signos opuestos se atraen. Esta propiedad intrínseca de los campos magnéticos se puede utilizar para obtener energía cinética de movimiento a partir de energía eléctrica[25]. Así, si colocamos dos imanes permanentes como se muestra en la Figura 9, un imán permanente fijo y otro montado sobre un eje de manera que pueda girar libremente.



**Nota.** En la imagen se observa el imán permanente fijo y otro montado sobre un eje de manera que pueda girar libremente [26].

Existen diversos tipos de motores eléctricos que se utilizan para aplicaciones diversas, incluidas las motocicletas eléctricas. A continuación, se representa un diagrama en el cual se puede observar las clases de motores eléctricos en la Figura 10.

**Figura 10.** Clases de motores eléctricos



**Nota.** En la figura se observa de forma resumida las clases de motores eléctricos [27].

### 1.6.2.1 Motor Asíncrono O De Inducción (AC).

El principio de funcionamiento de un motor eléctrico es siempre la fuerza de atracción y repulsión que experimentan entre sí los campos magnéticos del rotor y el estator. En un motor eléctrico asíncrono, el rotor no contiene imanes permanentes y su principio de funcionamiento se basa en el principio de inducción de Faraday [28].

Como se observa en la Figura 11 el motor consta de un estator alimentado por corriente trifásica, en el que se genera el campo magnético giratorio, y un rotor incorporado al estator, que forma el circuito inducido de la máquina[29]. En el motor asíncrono, la frecuencia de giro no es igual, sino menor que la frecuencia de alimentación, es decir, no es sincrónico con ella, de ahí el comienzo del nombre lo propone.

**Figura 11.** Motor Asíncrono.



**Nota.** En la figura se observa la estructura del motor Asíncrono [29].

### 1.6.2.2 Motor Síncrono De Imanes Permanentes (AC).

En un motor síncrono de imanes permanentes, el estator está alimentado por devanados conectados en estrellas. El rotor consta de electroimanes o imanes permanentes que crean un

flujo constante en el entrehierro, lo que elimina la necesidad de bobinados y escobillas de rotor que se usan comúnmente para la excitación en motores de CC[30]. El motor síncrono se puede diferenciar en dos conjuntos: El conjunto móvil, que está formado por el rotor (R), en el que podemos distinguir: el eje, que representa el soporte alrededor del cual gira todo el conjunto, y el núcleo, que es un cilindro fabricado en metal ferromagnético, que porta los elementos permanentes y el conjunto estático que consta de tres bobinas inductoras, también llamadas estatores. Cada una de estas bobinas recibe una corriente eléctrica alterna del control del transformador [30]. Dichos componentes se los puede observar en la Figura 12.

**Figura 12.** Motor Síncrono De Imanes Permanentes.



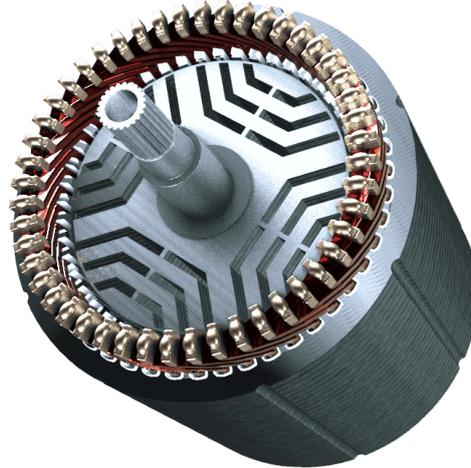
**Nota.** En la figura se observa la estructura del motor Síncrono [31].

### **1.6.2.3 Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC).**

Los motores de reluctancia eliminan los imanes permanentes que tenían los síncronos con este tipo de imanes. La resistencia magnética de un material o circuito magnético es la resistencia que ofrece al paso de flujo magnético, cuando se le somete a un campo magnético. Las líneas de campo magnético buscan el camino más fácil de seguir [32]. El flujo magnético aumenta a medida que disminuye la resistencia. Debido a su construcción simple y robusta (Figura 13), el motor de reluctancia conmutada ha ganado un interés creciente en aplicaciones industriales, como sistemas de energía renovable, entre ellos: energía eólica, vehículos eléctricos, pues ofrecen una opción de menor costo y relativamente fácil de fabricar [33].

Otra dificultad es que los motores de reluctancia conmutada son menos eficientes que otros tipos de motores y requieren sensores adicionales y controles de motor complejos, lo que aumenta el costo general de los sistemas de propulsión eléctrica [32].

**Figura 13.** Motor Síncrono De Reluctancia Conmutada.



**Nota.** En la figura se observa la estructura del motor Síncrono de Reluctancia Conmutada [34].

#### **1.6.2.4 Motor con escobillas de imanes permanentes (CC).**

Los motores de CC constan de una serie de bobinas en un estator, mismas que funcionan con corriente continua tal como se muestra en la Figura 14, por lo que generan un campo magnético uniforme y constante. El rotor está formado por un devanado formado por un conjunto de bobinas internas. Las bobinas del rotor interno reciben una corriente eléctrica directa suministrada desde el exterior a través del conmutador [35]. El conmutador consta de piezas estacionarias llamadas escobillas y un cilindro móvil hecho de placas (generalmente de cobre) que frota contra las escobillas, para permitir que la corriente fluya hacia el devanado interno [36]. Cuando pasa corriente, las bobinas internas generan un campo magnético que interactúa con el campo magnético del estator. Ambos campos magnéticos se atraen entre sí y hacen que el rotor gire en un ángulo determinado. Las escobillas cambian de espesor y la corriente ahora fluye a través de otro circuito, cambiando el ángulo del campo magnético generado en el rotor, y nuevamente girando en el mismo ángulo hasta que el espesor vuelve a cambiar, de forma sucesiva [35].

**Figura 14.** Motor Con Escobillas De Imanes Permanentes.



**Nota.** En la figura se observa la estructura del motor con escobillas de imanes permanentes [35].

### 1.6.2.5 Motor sin escobillas de imanes permanentes (CC).

Aunque los motores de imanes permanentes internos (IPM) son relativamente caros, es su alta densidad de potencia y su mantenimiento de alta eficiencia, lo que actualmente hace que el uso de IPM sea elegido por algunos fabricantes de vehículos eléctricos. Actualmente, casi todos los vehículos híbridos enchufables y eléctricos con ruedas utilizan imanes permanentes, lo que representa una parte importante del coste. En esencia, los motores eléctricos de CC sin escobillas son idénticos a los motores de CA síncronos (Figura 15). Tanto es así que ambos reciben el nombre de motores eléctricos de imanes permanentes o PMEM (Permanent Magnets Electric Motor). Mientras que los motores de CA síncronos usan voltaje alterno, como su nombre indica, los motores de CC sin escobillas usan corrientes de voltaje cuadradas que solo tienen tres valores:  $+V$ ,  $0$  y  $-V$ . De hecho, un motor DC sin escobillas consta de un rotor que combina imanes permanentes y un conjunto de bobinas en el estator alimentadas por cortos impulsos de corriente continua [37].

**Figura 15.** Motor sin escobillas de imanes permanentes (CC).



**Nota.** En la figura se observa la estructura del motor sin escobillas de imanes permanentes [37].

## 1.7 Motor Brushless

Es un tipo de motor de corriente continua que trabaja sin escobillas como se muestra en la Figura 16, lo que quiere decir, que la corriente eléctrica pasa directo a los bobinados del estator o carcasa, dicha corriente crea un campo electromagnético que se junta con el campo creado por los imanes permanentes del rotor, creando así una fuerza capaz de hacer girar al rotor que a su vez está conectado al eje del motor [38].

Al no contar con escobillas, ni colector, este motor necesita de un variador electrónico (controlador), mediante sensores de tipo hall el controlador cuantifica en qué grado o fase se encuentra el motor y de esta manera enviará la corriente adecuada, para provocar el movimiento

de rotación idóneo [38]. Es importante mencionar que el controlador cumple una función muy importante, pues identifica la respuesta y los datos enviados por los sensores del motor en tiempo real.

**Figura 16.** Motor brushless.



**Nota.** En la figura se muestra el motor brushless y su estructura[38].

### ***1.7.1 Componentes del motor brushless***

El rotor es un cilindro que gira dentro del estator y al cual se le acopla un eje que estará conectado a los engranajes utilizados para mover el medio de transporte. Una vez alineados los polos del rotor y el estator, el motor se detendría para que el rotor siga girando en el estator, cuya polaridad también es fija. Los imanes del rotor deben tener la polaridad inversa [39].

El estator es un cilindro hueco y fijo, transportando el desplazamiento al rotor creando un campo magnético giratorio. El estator será como un imán que sigue cambiando de polaridad. Esto último, representa la velocidad del campo magnético giratorio [39]. Para un motor de combustión interna, este podría ser el sistema de revoluciones por minuto. Los imanes permanentes, están ubicados en el rotor y son los encargados de crear el campo electromagnético.

El controlador electrónico es un variador de corriente que controla la conmutación de las bobinas. El sensor de posición se encarga de mostrar la posición del rotor para enviar la corriente necesaria y facilitar un control más preciso del motor.

### ***1.7.2 Ventajas y desventajas del motor brushless***

El motor brushless, o también denominado motor sin escobillas, tiene varias ventajas y desventajas en comparación con los motores convencionales de escobillas. Se ha realizado un

análisis en cuanto a ventajas y desventajas al adquirir el motor brushless lo cual se representa en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Ventajas y desventajas de los motores eléctricos.

Ventajas	Desventajas
Mayor eficiencia, estos motores carecen de escobillas lo que significa que consumen menos energía al no tener fricción entre materiales, generan menor calor y son más eficientes en la conversión de energía eléctrica a mecánica	En cuanto a costos, el precio al comprar un motor brushless suele ser más elevado a comparación de un motor tradicional, ya que posee una tecnología avanzada, no obstante, sus características en cuanto a durabilidad y eficiencia compensan esta inversión superior.
Menor mantenimiento, la carencia de escobillas hace que no haya desgaste entre materiales mecánicos, esto quiere decir que no hay fricción entre componentes, lo que implica mayor durabilidad.	Complejidad electrónica, a diferencia de los motores tradicionales, este necesita un controlador electrónico para el funcionamiento adecuado.
Mayor velocidad, debido a que aprovechan mejor el campo magnético y al no tener fricción entre materiales alcanzan velocidades superiores que los motores tradicionales.	Mayor complejidad de reparación, pese a que necesitan menor mantenimiento, cuando este motor sufre un daño la reparación resulta más compleja y costosa a comparación de un motor tradicional.
Mayor control electrónico, estos motores funcionan con un controlador electrónico lo que nos permite variar la intensidad y la propuesta de la corriente eléctrica, lo que hace que la utilización del motor llegue a la intensidad que necesitamos.	Menor torque a bajas velocidades, estos motores nos ofrecen un menor torque a bajas velocidades, lo que puede resultar contraproducentes en ciertas aplicaciones que utilizan un alto torque inicial.

**Nota.** Esquema de las principales características (ventajas y desventajas) motor brushless [40].

## 1.8 Controladores electrónicos

Los controladores de motor brushless son variadores electrónicos que cumplen la función de controlar y gestionar el desempeño del motor eléctrico. La función principal es controlar el torque, velocidad y eficiencia, a su vez el rendimiento general de la motocicleta eléctrica, asegurando un desarrollo eficiente [41].

### 1.8.1 Ventajas y desventajas del controlador electrónico.

El controlador electrónico, que se lo conoce como Electronic Speed Controller (ESC), el cual forma una parte esencial de los motores brushless tiene como función principal brindar un control preciso de la velocidad, torque y dirección del motor. En la Tabla 4 se menciona las ventajas y desventajas de los controladores electrónicos para motos eléctricas.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de controladores electrónicos.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Eficiencia superior, es mejor para convertir la energía eléctrica en energía mecánica (movimiento).	Costo inicial, al ser aparatos electrónicos requieren de mayor tecnología, por lo cual su precio inicial es superior.
Mantenimiento nulo, al carecer de piezas mecánicas que estén en fricción, estos requieren de mucho menos mantenimientos.	Complejidad, su diseño y funcionamiento tienen un grado superior que los tradicionales, esto hace que se dificulte el mantenimiento y la reparación.
Mayor durabilidad, va de la mano de la anterior ventaja, al ser piezas electrónicas no tienen descastes mecánicos lo que se traduce en una vida útil más larga.	Requiere de sensores, necesitan sensores para saber la posición del rotor y así sincronizar la conmutación de fases.
Menor ruido y vibraciones, hace que los motores carezcan de todo tipo de sonido al punto de no saber si están encendidos o apagados, lo mismo con las vibraciones son nulas.	

**Nota.** Esquema de las principales ventajas y desventajas que se encontró del controlador electrónico para motos eléctricas [42]

## **1.9 Tecnología de baterías para motocicletas eléctrica**

La tecnología de las baterías para motocicletas eléctricas ha avanzado significativamente en los últimos años, lo que ha llevado a una mayor autonomía, eficiencia y durabilidad.

### **1.9.1. Tipos de baterías para motocicletas eléctricas**

Las motocicletas eléctricas han revolucionado la movilidad urbana, y una parte esencial de su funcionamiento son las baterías. Existen varios tipos de baterías para estos vehículos, cada una con sus propias características como se muestra en la Tabla 5. Las baterías de plomo-ácido son conocidas por su bajo coste y facilidad de reciclaje, las baterías de níquel-cadmio ofrecen una densidad energética superior a las de plomo-ácido, las baterías de níquel-metal hidruro son más amigables con el medio ambiente y tienen una densidad energética mayor que las de níquel-cadmio, aunque no alcanzan la eficiencia de las baterías de iones de litio. Por último, las baterías de iones de litio son las más utilizadas actualmente debido a su alta densidad energética, lo que permite un menor peso y tamaño, además de una mayor vida útil. Cada tipo de batería tiene su propio conjunto de ventajas y desventajas que deben ser consideradas al elegir la más adecuada para una motocicleta eléctrica específica.

**Tabla 5.** Tipos de baterías para motocicletas eléctricas.

<b>Tipo</b>	<b>Baterías de plomo-ácido</b>	<b>Baterías de níquel-metal hidruro (NIMH)</b>	<b>Baterías de litio-ion (Li-ion)</b>
<b>Descripción</b>	Son las más comunes y económicas, pero también las más pesadas y voluminosas. Ofrecen una vida útil relativamente corta entre 3 y 5 años y un menor rendimiento que otras opciones	Son más ligeras y compactas que las de plomo-ácido, pero también más caras. Ofrecen una mayor vida útil entre 5 y 8 años y un mejor rendimiento, aunque aún inferior a las de litio.	Son las más utilizadas en la actualidad por su alto rendimiento, larga vida útil entre 8 y 10 años y bajo peso. Son la opción más costosa, pero también la que ofrece mayor autonomía y eficiencia.
<b>Ventajas</b>	Bajo costo, alta disponibilidad.	Mayor rendimiento y densidad energética que las de plomo-ácido, mayor vida útil, menor peso y volumen.	Alto rendimiento, alta densidad energética, larga vida útil, bajo peso y volumen.
<b>Desventajas</b>	Bajo rendimiento, baja densidad energética, vida útil corta, peso y volumen elevado.	Mayor costo que las de plomo-ácido, menor rendimiento que las de litio.	Mayor costo que las de plomo-ácido y NIMH, riesgo de incendio en caso de sobrecalentamiento

**Nota.** Descripción y características de los tipos de baterías para motocicletas eléctricas [43]

### **1.9.2. Seguridad y mantenimiento de las baterías.**

El adecuado mantenimiento, así como las respectivas prácticas de seguridad son importantes para garantizar el rendimiento, longevidad de las baterías, así como para prevenir accidentes [44]. A continuación, se presentan consideraciones generales y específicas para distintos tipos de baterías.

- Es importante seguir las recomendaciones del fabricante para la carga y descarga de las baterías.
- Se debe evitar la sobrecarga y la descarga a nivel cero de las baterías.
- Debe considerarse mantener las baterías en lugares con baja humedad, frescos y secos.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico de las baterías para asegurar su buen funcionamiento y alargar su vida útil.

### **1.10 Batería plomo-acido.**

Las baterías de plomo-acido son acumuladores de energía electroquímicos que utilizan dos componentes, plomo y ácido sulfúrico para almacenar energía eléctrica. Su diseño es una estructura de celdas intercomunicadas, donde se crea una reacción química durante la carga y

descarga, lo cual permite tanto como el almacenamiento y la liberación de energía. Una de sus características principales es la robustez y fiabilidad, por lo que son muy recomendadas en diferentes ámbitos del sector automotriz [45]. Este tipo de baterías tienen mejores beneficios, en la Tabla 6 se muestran ventajas y desventajas específicas al momento de implementar en motocicletas eléctricas.

**Tabla 6.** Ventajas y desventajas de batería ácido- plomo.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Menor mantenimiento, estas baterías son selladas y no necesitan agregar ningún tipo de solución química, lo cual prolonga la vida de los terminales ya que no sufrirán corrosión.	Peso y tamaño, al ser tecnología tradicional su diseño se ha mantenido a lo largo del tiempo, lo que hace que tengan tamaños voluminosos y con peso superior.
Mayor versatilidad, en cuanto a instalación, esta batería se puede colocar en cualquier posición, ya que al no contener líquido no se corre con el riesgo de fugas o derrames.	Menor densidad de energía, este tipo de batería proporciona menor cantidad energética por unidad de peso y volumen.
Sin ventilación, estas baterías se pueden colocar en cualquier lugar de la motocicleta sin afectar su diseño aerodinámico.	Menos ciclos de carga, en cuanto a durabilidad tienen menor vida útil.
Mejor autonomía, en comparación a las baterías ácido-plomo con líquido, estas cuentan con un índice de descarga inferior, lo que nos brinda mayor almacenamiento de energía.	
Costo reducido, al ser las más comunes en el mercado tienden a tener un menor costo en comparación a tecnologías más avanzadas como las baterías de ion-litio.	

**Nota.** Ventajas y desventajas de la batería VRLA seleccionada para la transformación tecnológica [46]

## 1.11 Impacto ambiental de las motocicletas eléctricas

El impacto ambiental de las motocicletas eléctricas es hoy en día objeto de estudio y debate en la comunidad científica y en la sociedad en general; se sabe que las motocicletas eléctricas brindan varias ventajas ambientales sobre las de combustión interna, también muestran desafíos y consideraciones específicas [47].

### 1.11.1. Emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes.

Las motocicletas eléctricas no emiten gases de efecto invernadero ni dañan el medio ambiente durante su funcionamiento, y se han convertido en una alternativa más sostenible en términos ambientales en comparación de las motocicletas de combustión interna, que se encuentra dentro de los principales responsables de emisiones contaminantes (Figura 17) [48].

**Figura 17.** Emisiones de efecto invernadero y gases



**Nota.** En la figura se observa las emisiones de gases de vehículos tradicionales [48].

### **1.12 Comparación del impacto ambiental de las motocicletas eléctricas y de combustión.**

La producción de motocicletas eléctricas tiene un impacto ambiental similar al que se genera en la producción de cualquier otro tipo de vehículo. En este caso, la extracción de materiales como el litio y el cobalto para las baterías puede tener un impacto negativo en el medio ambiente [49]. Tomando en cuenta el ciclo de vida completo de las motocicletas eléctricas, desde la producción, continuando con el uso y terminando con la eliminación, es necesario implementar un proceso que permita minimizar el impacto ambiental durante estas.

En términos generales al no producir emisiones, ser más silenciosas y consumir menos energía, el impacto de las motocicletas eléctricas es menor que las motocicletas convencionales de combustión interna [50].

### **1.13 Aspectos económicos y financieros**

En este apartado se consideran aspectos económicos y financieros, la mayoría de las personas concluyen que, a largo plazo, una motocicleta eléctrica tiende a ser más rentable y de bajo costo en comparación con una de combustión interna. Sin embargo, es importante hacer un análisis detallado de los costos y beneficios antes de tomar una decisión de compra, además, se plantean algunas implicaciones y consideraciones importantes que se describirán a continuación.

#### ***1.13.1 Costos de adquisición de una motocicleta eléctrica***

Las motocicletas eléctricas pueden ser tanto más económicas o caras que las de combustión interna, rondando precios desde los 400 dólares hasta los \$4000 dólares esto depende del tipo, modelo, marca y otras especificaciones técnicas a considerar. En Ecuador

existen una amplia oferta, compuesta por variedad de opciones de financiamiento al momento de adquirirlas [51].

### ***1.13.2 Costos de operación y mantenimiento***

Las motocicletas eléctricas al no requerir combustible ni aceite para su funcionamiento, conlleva a una reducción en el costo de operación, versus el que requieren las motos de combustión interna, de igual manera el mantenimiento que estas requieren se reduce, pues tienen menos piezas móviles que presentan desgastes.

## **1.14 Marco legal y normativo**

En el Ecuador existen innumerables vacíos legales con las motos eléctricas, ya que ingresan al país importadas como juguetes, lo cual significa que pueden circular por las calles del país sin placas, sin una norma que regule donde pueden ser usadas, además de no necesitar ser mayor de edad y mucho menos contar con una licencia de conducir para conducir las.

La Agencia Nacional de Tránsito se encuentra preparando desde hace algunos años el proyecto de reforma de la Ley de Tránsito en donde se establecerán todas las medidas, requerimientos y contravenciones dirigidas especialmente a estos vehículos eléctricos; sin embargo, en la actualidad a los gobiernos municipales encargado de emitir ordenanzas que regulen la circulación de este tipo de vehículos, hasta el momento no ha establecido exigencias para su uso [52].

### ***1.14.1 Normas de seguridad para la fabricación y circulación de motocicletas eléctricas.***

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 136 (1R) e RTE INEN 034-4R, es las que teóricamente establece los requisitos que deben cumplir las motocicletas y tricimotos para ingresar al país, así como requisitos mínimos de seguridad para su circulación [53], siendo estos: Ensayo de estacionamiento, niveles de emisiones de ruido de escape, sistema de frenos, neumáticos, retrovisores, sistemas de suspensión, dirección e iluminación, estabilidad, niveles de gases contaminantes y nivel sonoro admisible [53].

A pesar de que la demanda de motos eléctricas ha crecido y debido a los vacíos legales en los controles aduaneros, los importadores han buscado la forma de ingresar al país una gran cantidad de estos vehículos, sin contar al menos con la homologación de la ANT necesaria para circular.

### ***1.14.2 Permisos y requisitos para la conducción de motocicletas eléctricas.***

Actualmente en el país existe un vacío legal que permite que las motos eléctricas sean importadas al país y declaradas ante la aduana como juguetes en lugar de vehículos, lo que les da libre circulación por las calles sin la necesidad de placas y homologación INEN [54], debido a la inexistencia de una norma que regule los lugares de donde pueden ser usadas.

A pesar de que en la Ley de Tránsito se establece que para poder conducir un vehículo con motor de tipo motocicleta, se requiere ser mayor de edad y haber obtenido una licencia tipo A, al no ser consideradas como vehículos motorizados, los conductores de las motos eléctricas no necesitan una licencia [55].

Lo cual resulta en incumplimiento de leyes de tránsito por parte de conductores, cometiendo en las vías un sinnúmero de contravenciones, bien sea al transitar por aceras, circulando por el ciclo vías, incluso en sentido contrario al tránsito y lo más común sin tener un grado de seguridad, pue se usan sin contar siquiera con un casco [54].

## **CAPÍTULO II**

### **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para esta fase del proyecto “transformación tecnológica de una moto de combustión interna a propulsión eléctrica” en primera instancia se detallan los materiales que se va a implementar para poder alcanzar los objetivos que se ha planteado, uno de los cuales es la creación y adaptación del sistema de tracción que se va a implementar, para lograr esto, se utilizó de varias herramientas de diseño mecánico y eléctrico, estas herramientas actualizadas son importantes para la creación y simulación de los prototipos que se han planteado, para adaptar al sistema de propulsión eléctrica, la precisión que estos brindan y la capacidad de simulación permiten calcular el rendimiento de la pieza o mecanismos y optimizar tiempo, así como recursos en el proceso.

La selección específica de los materiales fue uno de los pasos fundamentales para llevar adelante este proyecto, pues se enfocó en materiales resistentes y ligeros, adecuados para soportar las cargas a las que se sometieron, para esto se ha basado en la normativa norma NTE INEN 136 (1R) e RTE INEN 034-4R en la cual se menciona los reglamentos mínimos de seguridad que debe tener un vehículo con el fin de precautelar la integridad tanto del conductor como de los peatones. Igualmente, para la fabricación de las piezas se utilizó acero AISI1020, material frecuente en este tipo de adaptaciones.

#### **2.1 Materiales**

La adecuada selección de materiales y equipos eléctricos para motocicletas eléctricas es fundamental para poder garantizar un rendimiento adecuado y una operación eficaz, se debe tener en cuenta que, la selección de materiales y equipos eléctricos debe considerar: calidad, compatibilidad, seguridad, para certificar un trabajo confiable y seguro de la motocicleta eléctrica.

Los materiales especificados en la Tabla 7 son los que se implementaron para la realización de dicha motocicleta de dicha transformación.

**Tabla 7.** Materiales eléctricos y mecánicos para la transformación.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Baterías plomo acido	6
Motor sin escobillas 72V 2000W	1
Controlador 72V 2000W	1
Acelerador	1
Velocímetro digital	1
Cargador y socket de carga	1
Convertidor DC-DC	1
Corta corriente	1
Iluminación	1
Amortiguadores	1
Sistema de freno	1

**Nota.** En la respectiva tabla se detalla todos los componentes y la cantidad necesaria de cada uno de ellos.

### **2.1.1 Motor Brushless**

Este es un motor que incorpora una tecnología de vanguardia que utiliza imanes permanentes en lugar de escobillas para crear el campo magnético que gira el rotor, dicho campo magnético se genera por acción de los imanes permanentes que tiene el rotor y el estator, este campo es generado mediante control electrónico como se muestra en la Figura 18 [37].

**Figura 18.** Motor brushless 12 pulgadas.



**Nota.** Esquema del motor brushless de 12 pulgadas [56].

Cuando se habla de las características del motor brushless, el cual utiliza un sistema de bobinas fijas en el estator e imanes permanentes en el rotor, se toma en cuenta que este motor es conocido por su alta eficiencia, desplazamiento para alcanzar altas velocidades de rotación, mayor potencia y par motor, así como por su capacidad de control preciso del movimiento. Son

ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones, incluyendo vehículos eléctricos, sistemas de propulsión, herramientas eléctricas, sistemas de control de movimiento y robótica [57]. Además, su diseño sin escobillas reduce el ruido y la vibración durante su funcionamiento. Como se observa en la Tabla 8, se destacan las principales características de este motor seleccionado.

**Tabla 8.** Características específicas motor brushless.

<b>Características</b>	
Tipo	Motor 12 pulgadas con imanes permanentes
Voltaje de entrada	72V CC
Altura del imán	35 mm
Polo de pares	16 pares
Potencia de salida	2000 W
Par máximo	150 Nm
Fase	120°
Eficiencia máxima	85%-92%
Velocidad nominal	60 km/h
Revolución máxima	5400 rpm
Corriente máxima	60A
Temperatura de trabajo	70 C° -120 °C
Peso	17 kg
Grado de impermeabilidad	IP54
Freno	Freno de disco 220 mm

**Nota.** En la respectiva tabla se detalla las principales características del motor brushless [56].

### **2.1.2 Batería ácido-plomo seca Valve Regulated Lead Acid (VRLA)**

El tipo de batería que se seleccionó es una variante de las baterías de ácido plomo ( Figura 19) la cual se denomina batería de Acido-Plomo seca o batería de ácido-plomo selladas Valve Regulated Lead Acid (VRLA), el funcionamiento de este tipo de baterías consiste en una pila electroquímica que tiene dos electrodos uno con polo positivo y otro con polo negativo que al hacer la conexión forman un circuito cerrado, permitiendo que los electrones fluyan de manera libre de polo a polo generando así corriente eléctrica. Estas baterías se fabrican con varios pares de electrodos que se sitúan en lugares independientes de la batería, denominados celdas, las cuales están sumergidas en una solución química llamada electrolito [58].

**Figura 19.** Batería de plomo ácido.



**Nota.** Ilustración de la batería ácido-plomo [59].

Las baterías de ácido-plomo son características porque se componen de celdas individuales que sujetan placas de plomo enfrascadas en una solución de ácido sulfúrico. En la siguiente Tabla 9 se puede detallar las características específicas en la batería seleccionada.

**Tabla 9.** Especificaciones batería ácido-plomo.

<b>Características</b>	
Voltaje de salida	12V
Capacidad total	20.3Ah
Numero de baterías en serie	6
Vida útil del ciclo	>1000 ciclos
Peso	5kg

**Nota.** Características de la batería ácido-plomo [59].

### **2.1.3 Controlador**

Es una pieza electrónica cuyo diseño específico, permite controlar o dirigir motores eléctricos sin escobillas, estos motores en particular necesitan una secuencia específica de conmutación de fases, para poder generar un campo magnético giratorio que pueda impulsar al rotor, de esta secuencia se encarga el controlador Brushless Direct Current (BLDC) de la manera más precisa y sutil como se muestra en la Figura 20, garantizando la eficiencia del motor [60].

**Figura 20.** Controlador brushless direct current (BLDC).



**Nota.** Ilustración del controlador de motor brushless direct current (BLDC) Modelo: 60/72 CN12 (No33) [61].

Este controlador funciona mediante conmutación electrónica, sin tener la necesidad de escobillas mecánicas. Algunas características específicas incluyen precisión en el control, protecciones integradas, compatibilidad con diferentes tipos de motores sin escobillas [60]. En la Tabla 10 se puede detallar las características específicas del controlador seleccionado.

**Tabla 10.** Características del controlador brushless direct current (BLDC) modelo 60/70.

Características	
Rango de voltaje	60/72 V
Voltaje mínimo	50/60V
Límite de corriente	40±1A
Grado de fase	120
Eficiencia de conversión	90%
Voltaje de protección	41±0.5 V

**Nota.** Características del controlador brushless direct current (BLDC) modelo 60/70 CN12 (N°33) [62].

#### **2.1.4 Acelerador**

El acelerador en una motocicleta eléctrica tiene la misma función que un acelerador en una moto de combustión interna, la diferencia es que en vez de controlar la cantidad de carburante y aire que demanda el usuario, en la motocicleta eléctrica controla la cantidad de energía eléctrica que se envía al motor eléctrico [63].

El acelerador en una moto eléctrica (Figura 21) envía la señal al controlador a través de un sistema electrónico, normalmente funcionan con sensores de posición y potenciómetros; se implementó un acelerador con sensores hall, este sensor detecta la posición del acelerador y envía una señal al controlador para que este a su vez, envíe corriente al motor y se tenga la aceleración requerida [63].

**Figura 21.** Acelerador moto eléctrica.



**Nota.** En la imagen podemos observar uno de los materiales que usamos para la conversión [64].

### ***2.1.5 Velocímetro digital***

El velocímetro (Figura 22) es un componente electrónico que es encargado de mostrar datos muy relevantes de nuestra motocicleta eléctrica, indicándonos: velocidad en kilómetros por hora (km/h) o millas por hora (mph) dependiendo el país en el que se encuentre; nivel de carga, distancia recorrida, temperatura del motor eléctrico [65]. Se utilizó este velocímetro que posee características adicionales como: indicadores para monitorear en tiempo real todos los equipos electrónicos de la motocicleta, controlador, señal de freno, acelerador, marcadores en el velocímetro un código de falla del sensor o componente que está averiado, tal cual el check engine de un vehículo.

**Figura 22.** Velocímetro moto eléctrica.



**Nota.** En la imagen podemos observar el velocímetro que se utilizó en la motocicleta.

### **2.1.6 Sistema de carga**

Cuando se habla de sistemas de carga para motos eléctricas, podemos decir que en los últimos años han evolucionado con el fin de ofrecer distintas opciones convenientes y eficientes para los usuarios. Se han creado estaciones de carga rápida con conectores estándares tales como un sistema de carga combinada (CCS) y conector japonés para la carga de baterías de coches eléctricos (CHAdeMO), también se ha creado soluciones domésticas que permiten a los usuarios realizar la carga en la noche, estos sistemas están diseñados para maximizar el tiempo de conducción [66]. Igualmente se han creado sistemas de carga más avanzados e inteligentes para brindar mayor seguridad, y eficiencia.

#### **2.1.6.1 Cargador.**

Es el encargado de volver a recargar las baterías de energía eléctrica, es muy importante saber el voltaje y el amperaje que se necesita para cargar las baterías, puesto que, si se carga con un cargador de menor capacidad, puede resultar en una carga muy lenta o imposibilitarla, por otro lado, uno con mayor capacidad resulta muy peligroso para la batería, una capacidad superior puede resultar en un deterioro prematuro y en casos extremos hasta su explosión [67]. El cargador que requieren las baterías es de 72V y con un amperaje de 3A, con un funcionamiento directo de la corriente de 110V AC -50/60Hz como se muestra en Figura 23.

**Figura 23.** Cargador moto eléctrica.



**Nota.** Cargador moto eléctrica 72V 20Ah.

#### **2.1.6.2 Cortacorriente de alto voltaje.**

Como método de seguridad el cortacorriente funciona como un interruptor que monitorea la corriente que circula a través del circuito eléctrico, si detecta una anomalía como

una corriente muy alta o una sobrecarga del circuito, este se activa automáticamente cortando el flujo de corriente, una imagen referencial se muestra en la Figura 24.

**Figura 24.** Cortacorriente moto eléctrica.



**Nota.** En la imagen podemos observar el tipo de cortacorriente que se usó para la conversión [68].

### **2.1.6.3 Puerto de carga.**

La función principal es para poder conectar el cargador, de esta manera transmitir la energía del cargador a las baterías de manera segura como se muestra en la Figura 25.

**Figura 25.** Puerto de carga.



**Nota.** Puerto de carga para la motocicleta eléctrica [69].

### **2.1.7 Sistema de Frenos**

Los sistemas de frenos son fundamentales para la seguridad y el control de los vehículos, lo cual permite reducir la velocidad, detenerse por completo y mantener la

estabilidad. De tal forma cuando se habla de sistema de frenos se debe saber que existen elementos que conforman el sistema de frenos como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Sistema de frenos.  
**Sistema de Frenos**

Elemento	Función	Grafico
<b>Disco freno.</b>	Su función principal es convertir la energía cinética en calor, mediante la fricción que tiene el disco con las pastillas de freno, lo que ocasiona que el vehículo pierda su velocidad paulatinamente [70]	
<b>Bomba de freno.</b>	La bomba de freno utiliza un fluido hidráulico para transmitir esa presión por las líneas de freno hasta las pinzas [71].	
<b>Mordaza freno</b>	Su función consiste en recibir la presión de frenado a través del líquido de frenos cuando se presiona el pedal y, mediante uno o varios pistones, presionar las pastillas contra el disco [71]	

**Nota.** Se muestra los diferentes elementos que conforman el sistema de freno desde la disco eléctrica hasta su accionamiento en la bomba de freno.

### 2.1.8 Convertidor DC-DC

Es el encargado de convertir la alta tensión de la batería a una tensión más baja y adecuada para alimentar a todos los sistemas que utilizan baja tensión, como luces, sistema de control entre otros [72]. Esto asegura que los sistemas de baja tensión puedan funcionar de manera segura y que no sufran una sobrecarga.

**Figura 26.** Convertidor DC-DC.



**Nota.** Representación gráfica del Convertidor DC-DC reductor de voltaje.

### 2.1.9 Amortiguadores

La absorción de golpes es una función crítica en las motocicletas, especialmente al transitar por terrenos accidentados o caminos en mal estado. Esta capacidad se logra principalmente a través de un sistema de suspensión eficiente, que incluye componentes como muelles y amortiguadores hidráulicos (Figura 27). Estos elementos trabajan conjuntamente para mitigar los impactos y mantener tanto la estabilidad de la moto como la comodidad del conductor. Además, el diseño innovador de ciertas suspensiones, como el monobrazo en la rueda trasera, puede ofrecer una rigidez y control mejorados, lo que resulta en una experiencia de conducción más suave y segura. La correcta absorción de golpes no solo protege la integridad de la motocicleta, sino que también es esencial para la seguridad del motociclista, reduciendo el riesgo de lesiones en caso de irregularidades en la superficie de la carretera [73].

**Figura 27.** Amortiguadores.

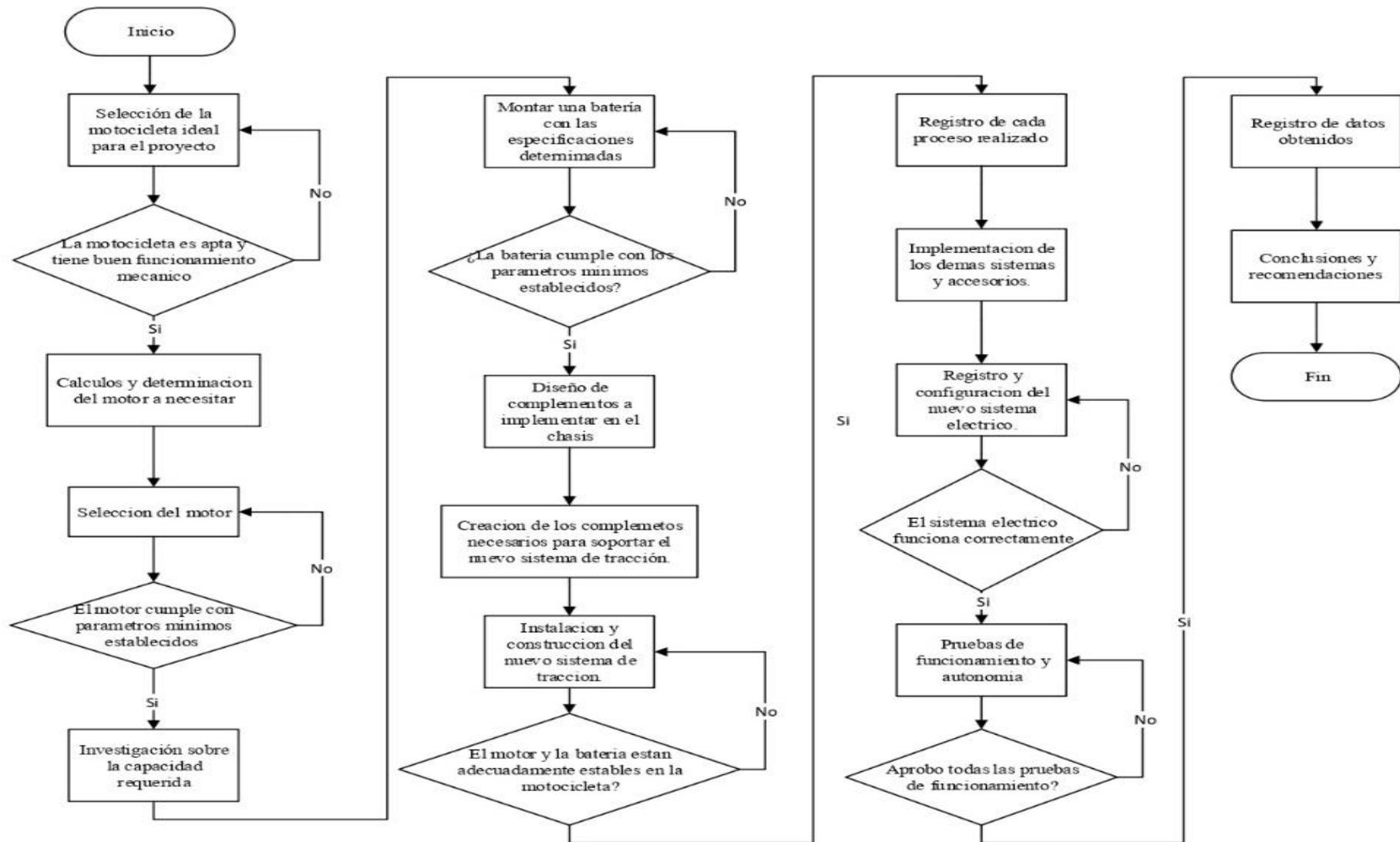


**Nota.** Amortiguadores encargados de la absorción de impactos del suelo [73].

## 2.2 Métodos

En el siguiente flujograma se puede observar el procedimiento con el desarrollo específico, para que se cumplan los parámetros establecidos hacia la conversión de la motocicleta de combustión interna a propulsión eléctrica. Gracias al flujograma se puede tener una secuencia el paso a paso para realizar la transformación tecnológica como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Pasos específicos para la metodología



Nota. En el diagrama se puede observar los pasos que se llevó a cabo para la metodología. Tomada de herramienta Microsoft “Visio”, Méndez y Vilañez (2024).

### 2.2.1 Dimensionamiento del motor eléctrico

Calcular la potencia del motor de una motocicleta implica un análisis detallado de las resistencias que afectan su movimiento. Esto incluye la resistencia aerodinámica, la resistencia de rodadura, y la resistencia de la pendiente, entre otras. Utilizando las fórmulas de dinámica longitudinal, se pueden determinar estos valores. Algunos parámetros, como el coeficiente de resistencia aerodinámica y el área frontal, se pueden obtener mediante análisis y tablas. Otros, como la masa total y el centro de gravedad, requieren cálculos basados en la configuración específica de la motocicleta y el conductor tal como se muestra en la Tabla 12. Una vez que se tienen todos los datos, se pueden aplicar en las ecuaciones de dinámica para obtener la potencia necesaria que debe desarrollar el motor para superar estas resistencias y lograr el movimiento deseado. Este proceso es fundamental para el diseño y la optimización del rendimiento de las motocicletas.

**Tabla 12.** Parámetros establecidos para dimensionamiento.

<b>Parámetros establecidos</b>	
<b>Altura</b>	1,43 m
<b>Ancho</b>	0,62 m
<b>Carga máxima</b>	150 kg
<b>Peso vehículo</b>	115 kg
<b>Gravedad</b>	9,8 m/s <sup>2</sup>
<b>Velocidad máxima</b>	20 km/h

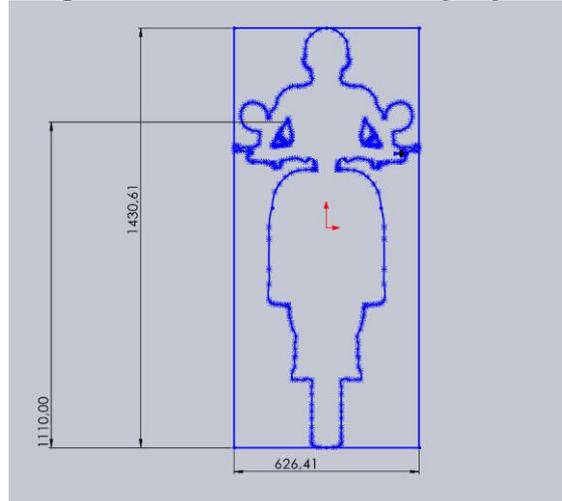
**Nota.** Valores definidos para los cálculos de la dinámica longitudinal.

Estos valores son necesarios para dimensionar el motor eléctrico, también se necesita calcular ciertos parámetros como el coeficiente de forma y coeficiente aerodinámico.

#### 2.2.1.2 Coeficiente de forma.

El coeficiente de forma es fundamental en el diseño de objetos y estructuras dentro de la ingeniería y la física. Facilita a ingenieros y científicos la predicción de cómo las alteraciones geométricas influyen en el comportamiento de un objeto bajo distintas condiciones, tales como la aerodinámica de un avión o la hidrodinámica de un barco, para el presente proyecto se utilizó la herramienta SolidWorks, así se determinó de manera precisa su valor. Para esto se graficó la silueta de la moto con un pasajero, se determinó los valores de altura total, tomando en cuenta altura de la motocicleta encontrados en el manual de usuario.

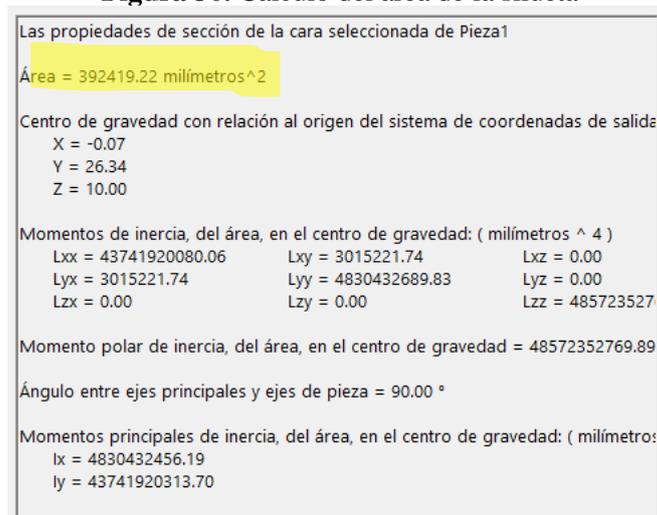
**Figura 29.** Silueta de la moto con pasajero.



**Nota.** Gráfica de la silueta con pasajero obtenida de Solidworks.

Una vez con la silueta en el programa, como se observa en la Figura 29, se verifica el área que se generó y con los siguientes cálculos se obtiene el coeficiente de forma.

**Figura 30.** Cálculo del área de la silueta



**Nota.** Datos recolectados de áreas en SolidWorks.

El área de la silueta es 392.419,22 mm<sup>2</sup>, esta área es un dato fundamental para poder realizar las ecuaciones de dinámica longitudinal, las cuales se detallan a continuación.

$$\text{Área total} = a \times h \quad (1)$$

$$Kf = \frac{\text{Área de la silueta}}{\text{Área total}} \quad (2)$$

Para determinar el coeficiente de forma primero debemos conseguir el área total con la fórmula que se muestra en la Ecuación (1), posterior se procede a calcular el coeficiente de forma según la Ecuación (2) como se muestra a continuación.

$$\text{Área total} = 1430,61\text{mm} * 626,41\text{mm}$$

$$\text{Área total} = 896148,41 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área silueta} = 392419,22 \text{ mm}^2$$

$$Kf = \frac{392419,22 \text{ mm}^2}{896148,41 \text{ mm}^2}$$

$$Kf = 0,43$$

### 2.2.1.3 Coeficiente aerodinámico.

El coeficiente aerodinámico es un número adimensional que describe cómo una forma particular de un objeto afecta su resistencia al aire cuando se mueve a través de él, es necesario para realizar los cálculos de la resistencia aerodinámica, para conseguir dicho valor, se hace referencia a la Tabla 13, donde se muestra los diferentes coeficientes de forma general.

**Tabla 13.** Coeficientes aerodinámicos.

<b>Coeficiente resistencia aire C.</b>	
Cabriolet abierto	0,5 - 0,7
Familiar	0,5 - 0,6
Tres volúmenes	0,4 - 0,55
En forma de cuña	0,3 - 0,4
Faros y todas las ruedas en el cuerpo: fondo revestido	0,2 - 0,25
Forma K (pequeña sección de penetración)	0,23
Forma favorable para cortar el viento	0,15 - 0,20
Camiones	0,8 - 1,5
Motos	0,6 - 0,7
Autobuses	0,6 - 0,7
Autobuses	0,3 - 0,4

**Nota.** Valores de coeficiente aerodinámico según el tipo de vehículo [74].

Según la Tabla 13 el coeficiente aerodinámico de las motocicletas es de coeficiente (0,6 – 0,7), para los cálculos se utiliza el coeficiente más alto para resultados con mayor esfuerzo aerodinámico.

### 2.2.1.4 Cálculos de resistencias generadas.

Primero se establece que la Ecuación (3) es la fórmula de resistencia aerodinámica, se aplican los parámetros previamente listados en la Tabla 12 que son valores necesarios para ejecutar la ecuación, dicha ecuación es útil para saber la fuerza que necesita la motocicleta para avanzar a través del aire.

$$F_A = \frac{1}{2} \rho \times Cx \times A \times V^2 \quad (3)$$

**Donde:**

$F_A$  = Resistencia aerodinámica

$\rho$  = Densidad del aire

$C_x$  = Coeficiente de forma

$A$  = Área

$V$  = Velocidad

Se aplica los parámetros mencionados, en la Ecuación (3) y se obtiene que:

$$F_A = \frac{1}{2} \rho \times C_x \times A \times V^2$$

$$F_A = \frac{1}{2} \left( 0,949 \frac{kg}{m^3} \right) \times (0,7) \times (0,89m^2) \times (0,43) \times \left( 5,6 \frac{m}{s} \right)^2$$

$$F_A = \left( 0,475 \frac{kg}{m^3} \right) \times (0,7) \times (0,38m^2) \times \left( 31,36 \frac{m^2}{s^2} \right)$$

$$F_A = 3,91 N$$

La fuerza de 3,91 N es la resistencia que genera la motocicleta al momento de la conducción, con este dato y los siguientes se calcula la potencia mínima requerida, para que el motor funcione eficientemente.

La Ecuación (4) formula de la resistencia a la rodadura, permite determinar la resistencia de la fricción que existe entre el neumático y el asfalto al momento de la conducción, con esta ecuación establecida, aplicamos los parámetros necesarios previamente obtenidos para conseguir la resistencia que la rueda genera en la motocicleta.

$$F_{RR} = \cos\alpha \times f_{RR} \times m \times g \quad (4)$$

**Donde:**

$F_{RR}$  = Resistencia a la rodadura

$\alpha$  = Ángulo de inclinación

$f_{RR}$  = Coeficiente de fricción

$m$  = Masa

$g$  = Gravedad

$$F_{RR} = \cos\alpha \times f_{RR} \times m \times g$$

$$F_{RR} = \cos(2,86) \times 0,012 \times 265 \text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{RR} = 31,13 \text{ N}$$

Para la resistencia de masas se aplica la Ecuación (5), donde se describe la fuerza de aceleración aplicando el peso y la fuerza de salida del vehículo, para esto aplicamos los parámetros anteriormente mencionados y obtenemos el resultado.

$$F_m = m \times a \times \alpha \quad (5)$$

**Donde:**

$F_m$  = Resistencia de masas

$a$  = Aceleración

$\alpha$  = Ángulo de inclinación

$$F_m = 265 \text{ kg} \times 1,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.06$$

$$F_m = 29,44 \text{ N}$$

La resistencia de pendiente está determinada mediante la Ecuación (6), donde se describe la fuerza necesaria del motor para subir pendientes, esto se ha basado en una pendiente mínima debido a que dentro del Campus universitario no contamos con pendientes pronunciadas, el valor establecido se muestra en la Tabla 12 y demás parámetros para conseguir su fuerza.

$$F_p = \sin\alpha \times m \times g \quad (6)$$

**Donde:**

$F_p$  = Resistencia a la pendiente

$\alpha$  = Ángulo de inclinación

$m$  = Masa

$g$  = Gravedad

$$F_p = \sin(2,86) \times 265 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_p = 129,69 \text{ N}$$

### 2.2.1.5 Cálculo de la potencia requerida.

Para calcular la potencia requerida de un motor para una motocicleta eléctrica, es necesario considerar diversos factores, como el peso de la motocicleta, conductor, la velocidad deseada y condiciones del terreno.

Con el cálculo de las resistencias generadas se determina la potencia necesaria, sumando todas las resistencias antes calculadas como se muestra en la Ecuación (7) y multiplicando por una velocidad de 20 km/h como se muestra en la Ecuación (8), se determina el valor de la potencia requerida para el motor eléctrico.

$$F_T = F_A + F_{RR} + F_m + F_P \quad (7)$$

#### Donde:

$F_T$  = Resistencias totales.

$$F_T = 3,91 N + 31,13 N + 29,44 N + 129,69 N$$

$$F_T = 194,17 N$$

$$P_T = \frac{F_T \times V}{1000} \quad (8)$$

$$P_T = \frac{194,17 N \times 5,6 \frac{m}{s}}{1000}$$

$$P_T = 1,08 kW$$

En base los calculo realizados, se concluyó que el vehículo base necesita un motor de al menos 1.08 kW de potencia, para poder cumplir con todos los parámetros preestablecidos.

### 2.2.1.6 Resultados dimensionamiento del motor eléctrico.

La interpretación de datos como los presentados en la Tabla 14 es fundamental para el dimensionamiento del motor eléctrico. Al sumar las fuerzas de resistencia, se puede determinar la potencia mínima necesaria para que el motor funcione de manera eficiente. Este cálculo ayuda a garantizar que el vehículo tenga suficiente potencia para superar estas resistencias y mantener un rendimiento óptimo bajo diversas condiciones de conducción.

**Tabla 14.** Resultado cálculo de resistencias.  
**Velocidad máxima 20 km/h**

Resistencia a la rodadura	31,13 N
Resistencia aerodinámica	3,91 N
Resistencia de masas	29,44 N
Resistencia a la pendiente	129,69 N
Potencia a la rodadura	0,17 kW
Potencia aerodinámica	0,02 kW
Potencia de masas	0,16 kW
Potencia pendiente	0,72 kW
Potencia necesaria (kW)	1,08 kW

**Nota.** Se detallan los valores resultantes de los cálculos del dimensionamiento del motor.

### **2.2.2 Diseño mecánico**

Para este punto se ha determinado ciertos factores para tener en cuenta como el diseño, las tensiones, desplazamientos y el factor de seguridad. Se ha diseñado todos los componentes mecánicos de recambio, utilizando el Software SolidWorks, el cual permitió dar forma a los mecanismos usando el material seleccionado con los parámetros específicos, además se realizó un análisis de los factores antes mencionados, donde se demostró que las piezas con el material seleccionado cumplen con todas las especificaciones requeridas, para la implementación de estos.

El análisis de desplazamiento determina que las piezas diseñadas no tendrán deformaciones excesivas al momento de aplicar las cargas preestablecidas. Este análisis es de suma importancia para afirmar que las piezas estén bien diseñadas y el material pueda soportar las cargas y no se deforme permanentemente o se desplace fuera de tolerancias aceptables.

El análisis de tensiones de Von Mises nos dice que un material dúctil comienza a ceder cuando la tensión de Von Mises es igual o superior al límite de tensión para esto hay que tener en cuenta el material que se utilizó [75], que fue el acero AISI 1020 que tiene como propiedad del material un límite elástico de 351,6 MPa para permitir deformaciones permanentes en la estructura sólida de los elementos diseñados, para las tensiones se tomó en cuenta como prioridad a la tijera y soporte de amortiguador siendo estas las que más carga van a soportar en su estructura.

El factor de seguridad en una simulación hace referencia a un parámetro que se utiliza para establecer que tan resistente es el diseño y la estructura comparando con las cargas o condiciones en las que se estará expuesto [76]. Esto quiere decir que, entre más alto el factor

de seguridad más resistente será la pieza o mecanismo, debemos tener en cuenta que el factor de seguridad siempre tiene que ser superior a 1.

### 2.2.2.1. Diseño tijera(basculante) de la moto.

El diseño del basculante, o basculante, en la motocicleta eléctrica es una pieza muy importante que impacta concisamente la estabilidad, maniobrabilidad y confort de la conducción. El basculante conecta la rueda trasera al chasis de la moto y permite el movimiento vertical de la suspensión, absorbiendo las irregularidades del terreno, a continuación, se muestra los parámetros del diseño del basculante, para realizar las pruebas de desplazamiento, tensiones y factor de seguridad.

**Tabla 15.** Parámetros SolidWorks.

Parámetro	Valor
Material	Acero AISI 1020
Peso	260 kg
Fuerza generada del peso	2500 N

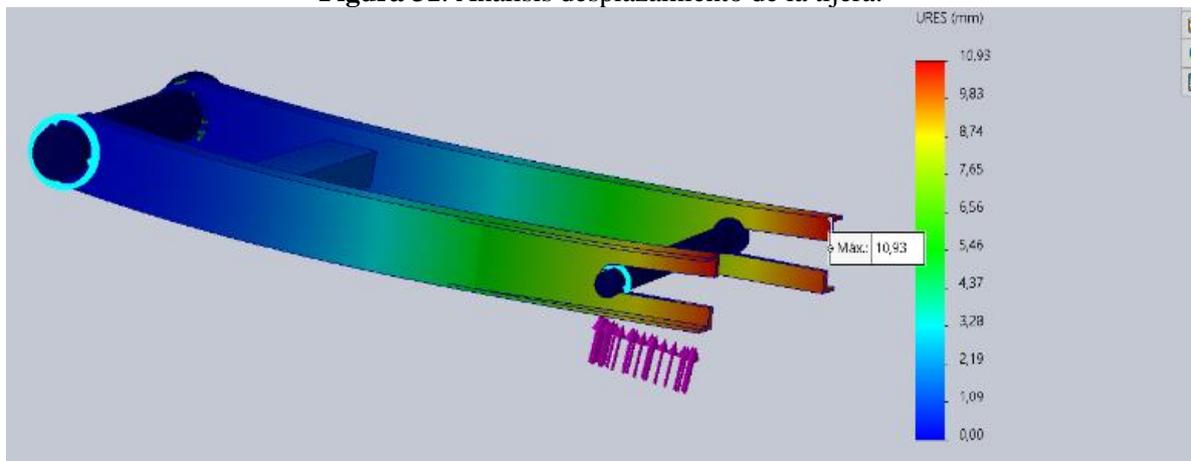
**Nota.** En tabla se detalla los parámetros establecidos para la simulación.

### 2.2.2.2 Desplazamiento Tijera.

Para esta simulación se aplicaron los parámetros de la Tabla 15, dando como resultado un desplazamiento mínimo que es correspondiente al peso que se está aplicando al material.

En la Figura 31, se observa un desplazamiento de 10.93mm aplicando las fuerzas y pesos que se utilizaron para el análisis, estos resultados indican que la tijera no tiene un desplazamiento excesivo y no sobrepasa su límite de elasticidad con los parámetros preestablecidos.

**Figura 31.** Análisis desplazamiento de la tijera.

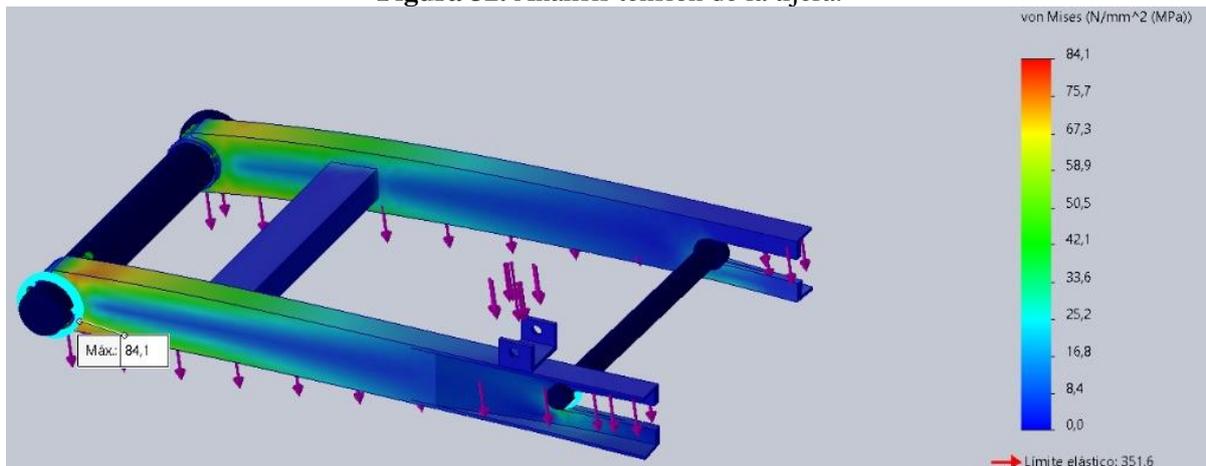


**Nota.** Figura diseñada en el programa SolidWorks aplicada los parámetros establecidos para sus pruebas.

### 2.2.2.3 Tensión tijera.

Como se puede ver la simulación de tensiones, se aplicó una fuerza de 2500N, las tensiones que se generó están dentro de su límite de deformación del material, como se muestra en la . Análisis tensión de la tijera. se tiene el punto máximo de tensión en la parte donde se junta con el soporte del eje, ahí tenemos un valor máximo de 84,1 MPa que está por debajo del límite de deformación del material seleccionado.

**Figura 32.** Análisis tensión de la tijera.

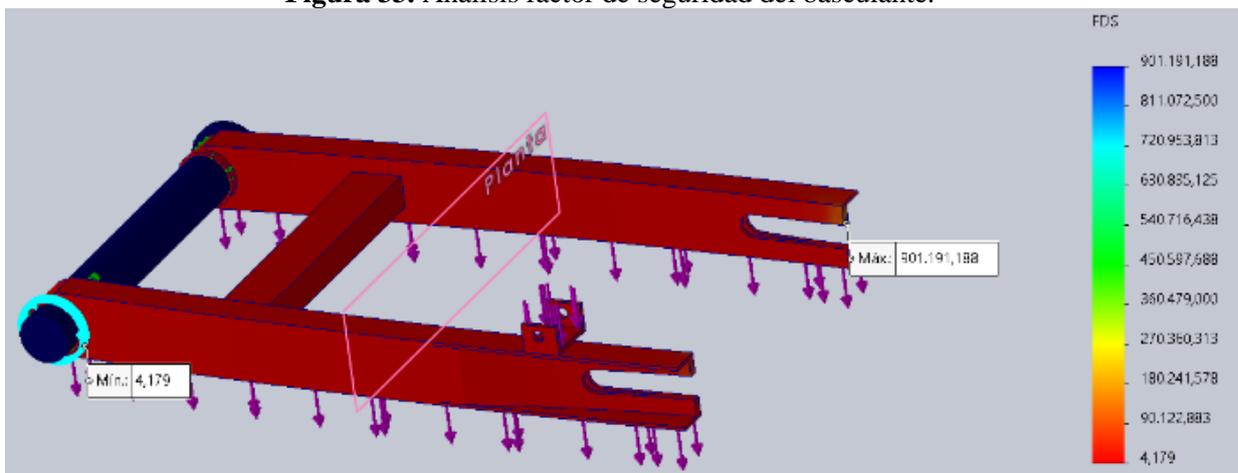


**Nota.** Figura diseñada en el programa SolidWorks aplicada los parámetros establecidos para sus pruebas.

### 2.2.2.4 Factor de seguridad del basculante.

En la simulación, el factor de seguridad en la parte geométrica más variante fue de 4,17 permaneciendo por delante del valor límite del factor de seguridad, de esta forma también se conoce que el soporte de amortiguador cumple con el factor de seguridad mayor a 1. Es así como se muestra en la Figura 33.

**Figura 33.** Análisis factor de seguridad del basculante.

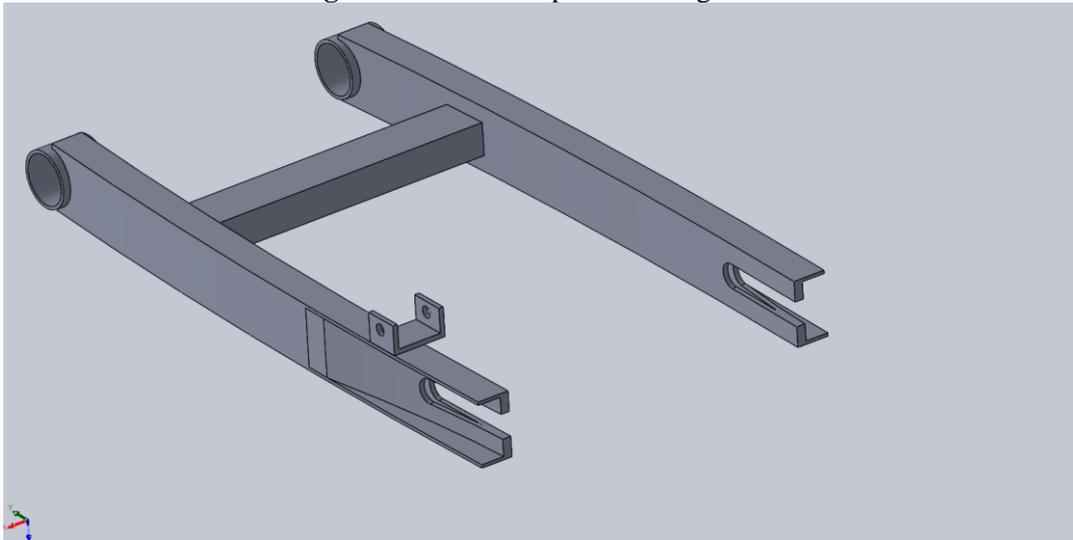


**Nota.** Figura diseñada en el programa SolidWorks aplicada los parámetros establecidos para sus pruebas.

### 2.2.2.5 Diseño soporte amortiguador.

También se debe adaptar la nueva suspensión, para esto se determina soldar en la parte exterior de la motocicleta una placa a medida de la nueva suspensión que se instalará de un lado del basculante hacia el chasis, dando la función de soporte del peso, basándose en los mismos parámetros de materiales mostrados en la Tabla 15 para diseñar el soporte amortiguador como se muestra en la Figura 34.

**Figura 34.** Diseño soporte amortiguador.

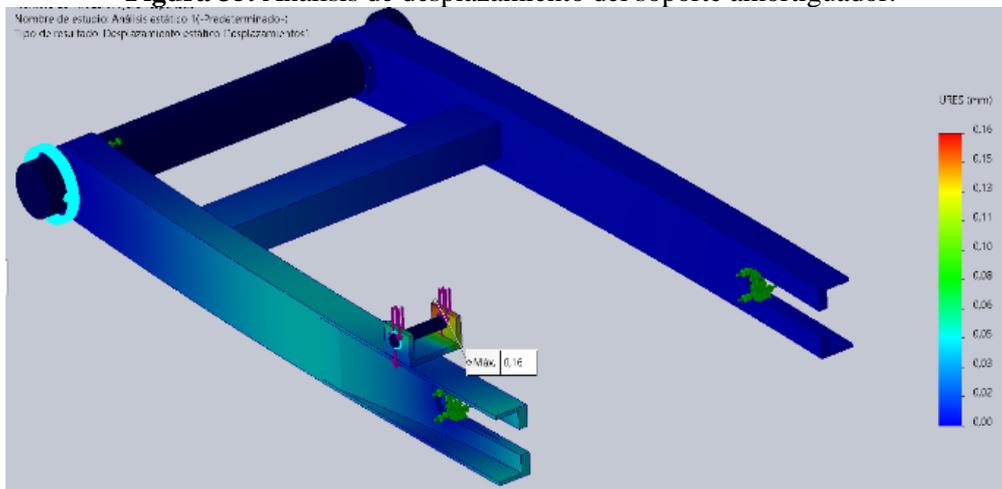


**Nota.** En la figura se observa el diseño del soporte del amortiguador.

### 2.2.2.6 Desplazamientos Soporte Amortiguador.

Para esta simulación dando a conocer que el desplazamiento máximo correspondiente a la Figura 35 es de 1,55 mm debido a sus dimensiones y el peso que esta aplicado en su punto de desplazamiento máximo, se puede decir que son desplazamientos normales por las fuerzas y pesos aplicados.

**Figura 35.** Análisis de desplazamiento del soporte amortiguador.

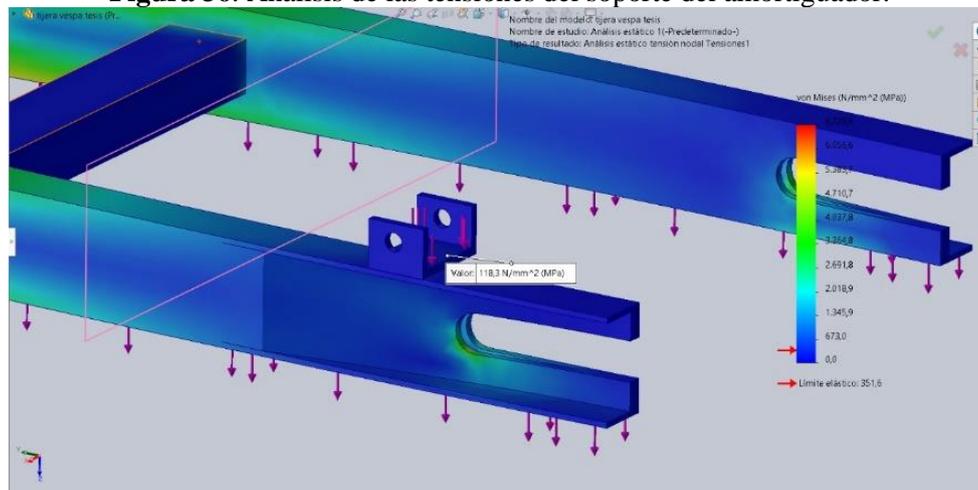


**Nota.** En la figura se observa el desplazamiento del soporte del amortiguador.

### 2.2.2.7 Tensiones soporte amortiguador.

Para el análisis de tensiones del soporte de baterías igual se aplicó los parámetros que se muestran en la Tabla 15, de la misma manera se tiene en cuenta el límite de deformación del material que en este caso es el acero AISI 1020 que tiene un límite de deformación de 351,6 MPa, se puede apreciar que el valor máximo de tensión se crea en el centro del soporte de la batería con un valor de 118,3 MPa, lo que está por debajo del límite de deformación del material y nos indica que la pieza en cuestión funciona de manera eficiente como se muestra en la Figura 36.

**Figura 36.** Análisis de las tensiones del soporte del amortiguador.



**Nota.** Representación gráfica del análisis de las tensiones del soporte del amortiguador.

### 2.2.2.8 Diseño soporte baterías.

Se propuso colocar las baterías dentro del chasis y fuera del mismo, en la parte posterior de la motocicleta. En cuanto a las baterías internas se decidió ubicarlas debajo del asiento donde antes se encontraba el tanque de gasolina, se colocarían dos placas de base para que permanezcan estables y ajustadas a su espacio, con un espesor de 2mm y se utilizó acero AISI 1020, el espacio que rodean las baterías determinó la forma de la placa que se instaló.

Para las baterías externas se determinó colocar en los laterales de la motocicleta donde antes se encontraba la rueda de emergencia y la batería del motor de combustión, para esto se crearon dos soportes con placas de acero AISI 1020 de 3mm de espesor, 4 cm de alto y 15 de ancho.

**Tabla 16.** Parámetro-Soporte batería externas.

Parámetro	Valor
Material	Acero AISI 1020
Peso baterías	10 kg
Fuerza generada del peso	98 N

**Nota.** En la tabla se muestran los parámetros establecidos para el diseño del soporte de la batería.

Se determinó parámetros diferentes, para realizar las simulaciones de las baterías que se colocaran en la parte interna y externa de la motocicleta debido a su posición y peso que estas soportaran, en la Tabla 16 se muestran los parámetros de las baterías externas y en la Tabla 17, se muestran los parámetros de las baterías internas.

**Tabla 17.** Parámetros Soporte baterías internas.

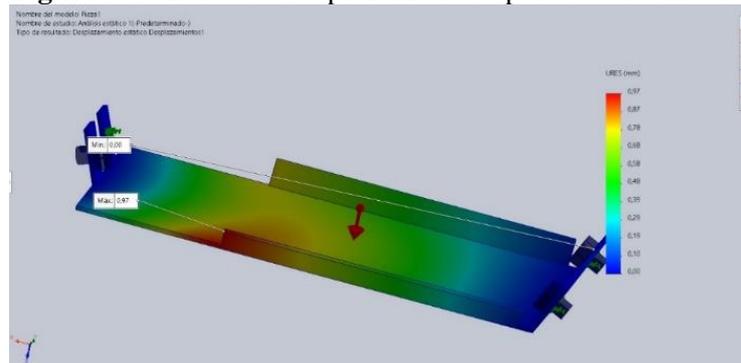
Parámetro	Valor
Material	Acero AISI 1020
Peso de baterías	15 kg
Fuerza generada del peso	147 N

**Nota.** En la tabla se muestran los parámetros establecidos para el diseño del soporte de baterías internas.

### 2.2.2.9 Desplazamiento baterías internas y externas.

De igual manera se aplicaron los parámetros anteriores, para los soportes en la parte externa e interna de la simulación, dando como resultado un desplazamiento máximo de 0,97 mm en el centro del soporte de baterías internas, donde recibe máxima carga como se aprecia en la Figura 36.

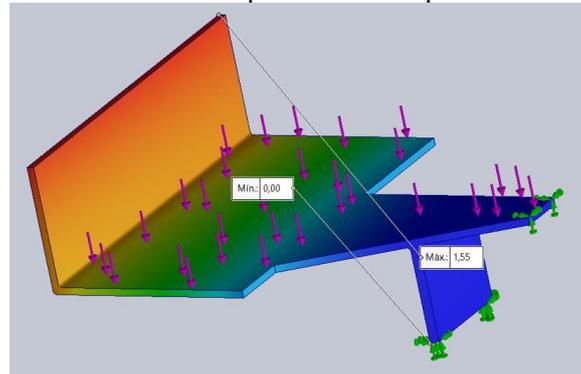
**Figura 37.** Análisis de desplazamiento soporte-batería interna.



**Nota.** En la figura se observa el desplazamiento del soporte-batería interna.

En la Figura 38 se muestra el análisis de desplazamiento de los soportes de batería de la parte externa, vemos que tenemos un desplazamiento mínimo que cumple con los mínimos requeridos para que no sufra deformaciones permanentes.

**Figura 38.** Análisis de desplazamiento soporte-batería externa.

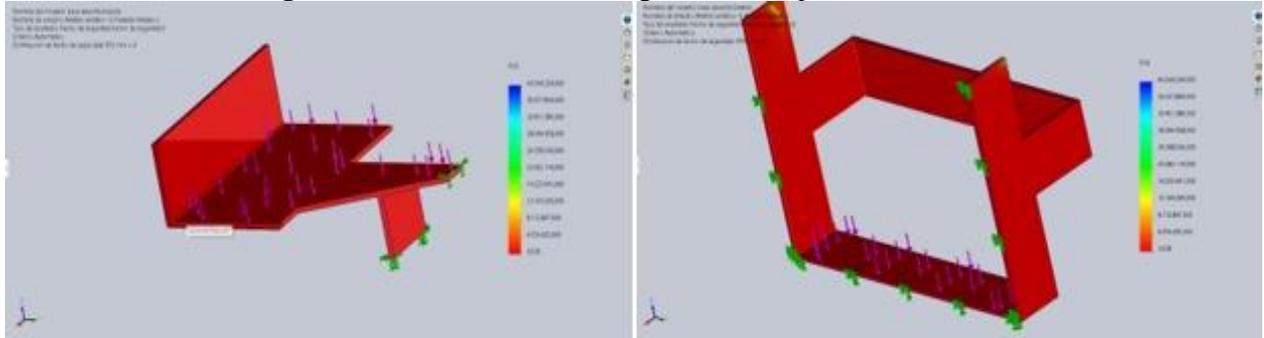


**Nota.** En la figura se observa el desplazamiento del soporte de las baterías externas.

### 2.2.2.10 Factor de seguridad soporte baterías.

En la simulación el factor de seguridad de los soportes de baterías externas fue de 3 como se muestra en la Figura 39 mismo que cumple con el requerimiento mínimo de 1.

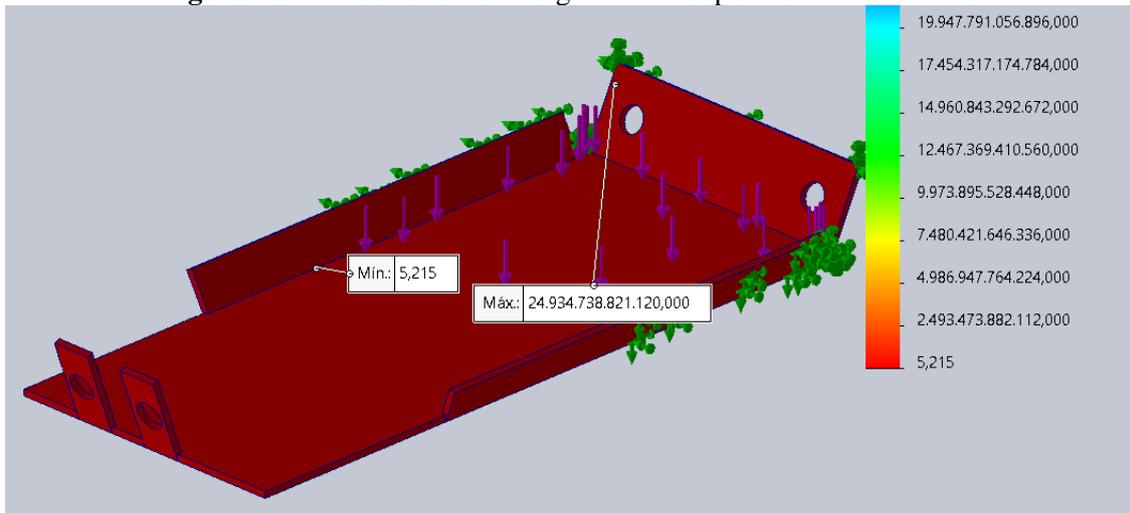
**Figura 39.** Análisis Factor de seguridad de soporte baterías.



**Nota.** Representación gráfica del factor de seguridad del soporte de las baterías, obtenido de SolidWorks.

En cuanto a la simulación del soporte de las baterías internas, nos dio un valor mínimo de 5,25 estando por mucho delante del valor mínimo de seguridad 1 como se muestra en la Figura 40.

**Figura 40.** Análisis factores de seguridad de soporte baterías internas.

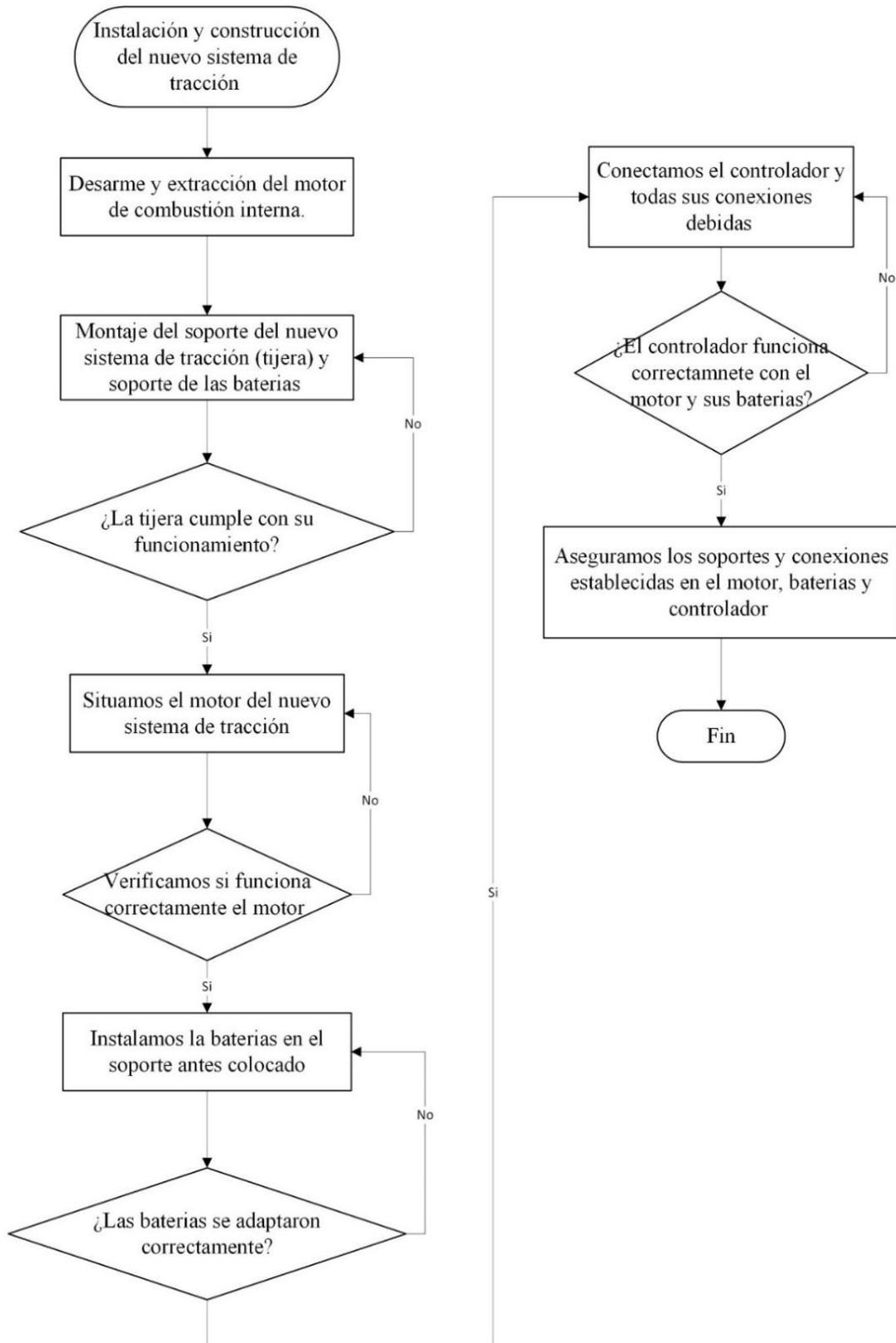


**Nota.** Representación gráfica del factor de seguridad del soporte interno de las baterías, obtenido de SolidWorks.

### 2.2.3 Implementación del sistema de propulsión eléctrica

Se implementó el sistema de propulsión eléctrica a detalle, siendo parte fundamental, para que la motocicleta funcione correctamente, para esto se inició con el desarme del antiguo sistema de tracción, para así continuar con el montaje de la tijera del motor, una vez con la tijera instalada, se sitúa el motor de tracción eléctrica, para posteriores pruebas de funcionamiento, mediante la instalación de la batería y la realización de las debidas conexiones hacia el controlador, todo este procedimiento se detalla en la Figura 41.

**Figura 41.** Metodología del sistema de propulsión eléctrica

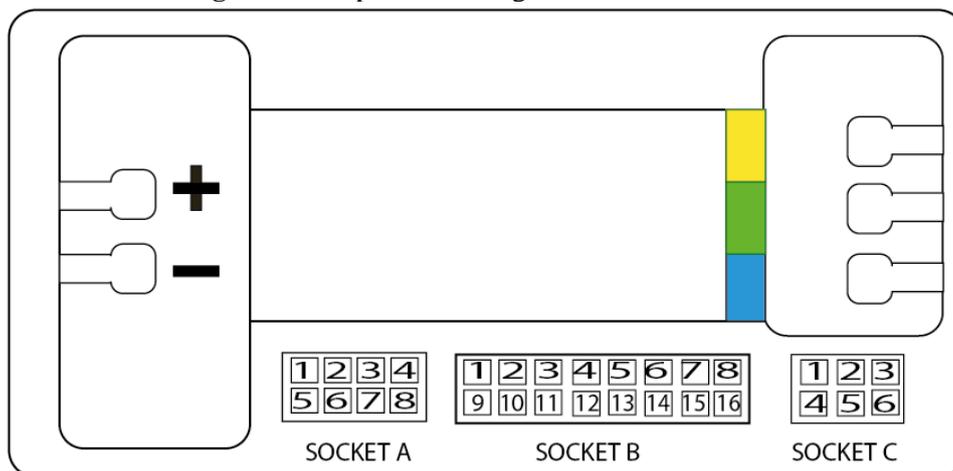


**Nota.** En el diagrama se puede observar los pasos que se llevó a cabo para la metodología. Tomada de herramienta Microsoft "Visio", Méndez y Vilañez (2024).

### 2.2.3.1 Conexiones controlador

En la Figura 41, se observan las conexiones del controlador y se explica de manera gráfica todos los socket y todos los pines, detallando la función de cada uno de ellos y los valores que el controlador genera hacia el motor y elementos electrónicos a implementar en la motocicleta.

**Figura 42.** Representación gráfica del controlador.



**Nota.** En la figura se puede apreciar todos los pines que tiene el controlador.

Las conexiones en un controlador de motor de corriente continua sin escobillas (BLDC) son cruciales para su rendimiento óptimo. Estas no solo permiten la comunicación efectiva entre el controlador y el motor, sino que también aseguran que la energía se distribuya de manera eficiente y segura. Un esquema de conexión adecuado es esencial para la gestión de la velocidad y la dirección del motor, así como para la implementación de medidas de protección contra sobrecargas y fallas eléctricas. Además, una correcta configuración de las conexiones puede contribuir a la longevidad del motor BLDC, manteniendo su funcionamiento dentro de los parámetros de diseño y evitando el desgaste prematuro de sus componentes. Por lo tanto, es importante seguir las especificaciones del fabricante y consultar con un profesional en caso de dudas durante la instalación o el mantenimiento.

La Tabla 18 es una herramienta esencial para comprender cómo interactúan los componentes electrónicos de un dispositivo. Detalla la funcionalidad y el voltaje requerido para cada pin del controlador, proporcionando una guía para ingenieros y técnicos durante el proceso de ensamblaje o mantenimiento. Esta información asegura que las conexiones se realicen correctamente para el funcionamiento óptimo del controlador.

**Tabla 18.** Conexiones del controlador.

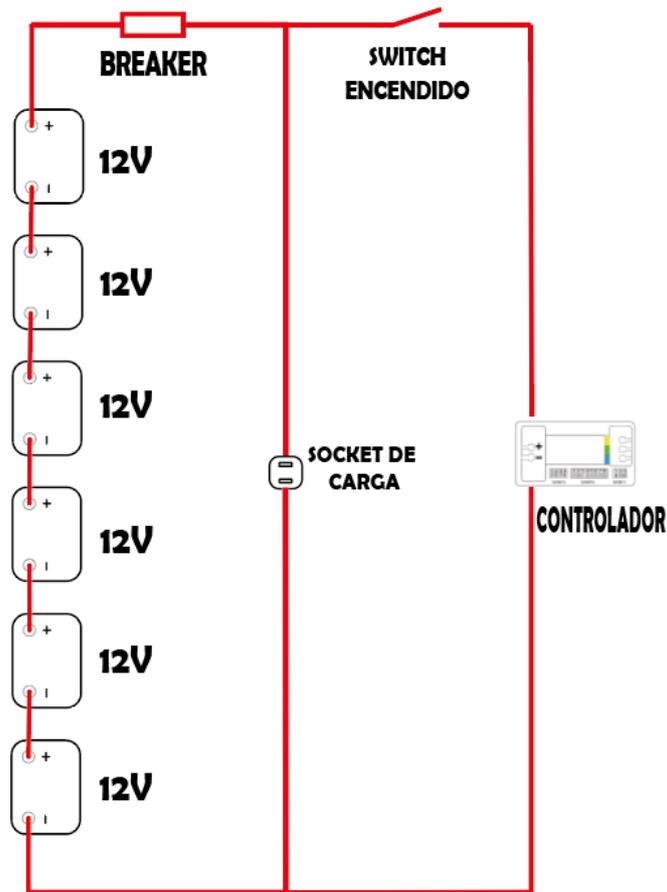
<b>CONEXIÓN BATERÍAS</b>		
<b>PUERTO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>VOLTAJE</b>
<b>Pin +</b>	Polo positivo batería	72V
<b>Pin -</b>	Polo negativo batería	0V
<b>CONEXIÓN FASES MOTOR</b>		
<b>Pin 1</b>	Fase U	0-40V
<b>Pin 2</b>	Fase V	0-40V
<b>Pin 3</b>	Fase W	0-40V
<b>SOCKET A</b>		
<b>Pin 4</b>	Alimentación aceleradora	5V
<b>Pin 5</b>	Señal switch	72V
<b>Pin 6</b>	Señal freno	0-5V
<b>Pin 7</b>	Negativo acelerador	0V
<b>Pin 8</b>	Señal sensor hall acelerador	0-5V
<b>SOCKET B</b>		
<b>Pin 2</b>	3ra marcha	0-5V
<b>Pin 5</b>	Señal reversa	0-5V
<b>Pin 6</b>	Alimentación Alarma	72V
<b>Pin 7</b>	Negativo Alarma	0V
<b>Pin 8</b>	Señal Alarma	0-5V
<b>Pin 9</b>	Señal Parqueo	0-5V
<b>Pin 12</b>	Pantalla LCD	72V
<b>Pin 13</b>	1ra Marcha	0-5V
<b>SOCKET C</b>		
<b>Pin 1</b>	Sensor Hall U	0-5V
<b>Pin 2</b>	Sensor Hall V	0-5V
<b>Pin 3</b>	Sensor Hall W	0-5V
<b>Pin 4</b>	Alimentación sensores hall +	5V
<b>Pin 5</b>	Masa sensores hall -	0V

**Nota.** En la tabla se puede apreciar todos los pines que tiene el controlador.

### 2.2.3.3 Conexión de baterías.

Se creó un sistema de almacenamiento de energía capaz de proveer la potencia y capacidad adecuada que requiere el vehículo base, la configuración que se utilizó fue un circuito de 6 baterías en serie que proporcionó un voltaje nominal de 72V y una capacidad (amperaje) de 20,3 Ah, como se muestra en la Figura 42.

**Figura 43.** Representación gráfica-conexión de baterías.

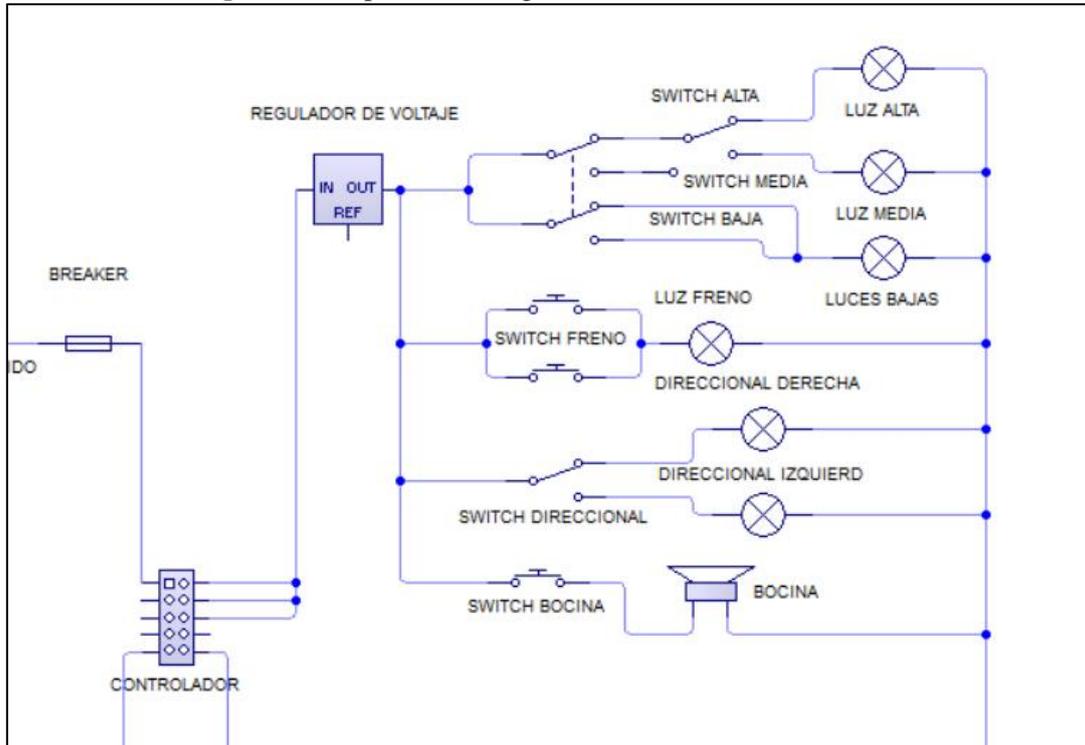


**Nota.** Diagrama obtenido del Software Electra E8, representación del sistema de almacenamiento.

#### 2.2.3.4 Conexión de accesorios

El sistema de accesorios de una motocicleta (Figura 44) es un componente crucial que garantiza el funcionamiento óptimo de los dispositivos eléctricos auxiliares. Al utilizar un convertidor de voltaje que reduce la tensión de 72 V a 12 V, se asegura que las luces y otros accesorios operen dentro de los parámetros de seguridad y eficiencia energética estándar. Este proceso no solo protege los componentes eléctricos de sobretensiones potencialmente dañinas, sino que también mantiene la compatibilidad con una amplia gama de accesorios disponibles en el mercado, facilitando así las actualizaciones y el mantenimiento. Además, al estandarizar el voltaje de los accesorios, los fabricantes de motocicletas pueden ofrecer una experiencia de usuario más confiable y uniforme.

**Figura 44.** Representación gráfica del sistema de accesorios



**Nota.** Diagrama obtenido del Software Livewire, en el cual se muestra detalladamente las conexiones de los accesorios de la motocicleta eléctrica.

Livewire es un software avanzado para el diseño y simulación de circuitos electrónicos. Permite a los usuarios crear esquemas detallados y probar el comportamiento de los circuitos antes de construirlos físicamente. Con herramientas como Livewire, los ingenieros y estudiantes pueden experimentar y aprender sobre las propiedades eléctricas, como la corriente y el voltaje, y cómo estos se comportan en diferentes configuraciones de circuitos, como en serie o en paralelo. Este tipo de software es esencial para el desarrollo y la innovación en el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El tercer capítulo del proyecto documenta un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la motocicleta (Figura 45), que ha sido convertida de un sistema de combustión a uno de propulsión eléctrica. Este análisis incluye datos recopilados tanto en entornos urbanos como en el campus universitario, proporcionando una visión integral del rendimiento del vehículo en diferentes condiciones. Los hallazgos detallados en este capítulo son cruciales para entender las mejoras en la eficiencia y la sostenibilidad que ofrece la tecnología de propulsión eléctrica aplicada a vehículos tradicionales.

El estudio exhaustivo de los parámetros fundamentales como la autonomía y la eficiencia del motor eléctrico, junto con las pruebas de carga máxima, han proporcionado una visión clara de la viabilidad técnica de las motocicletas eléctricas. La comparativa de costos de mantenimiento entre diferentes tipos de motores es esencial para determinar la opción más rentable a largo plazo. Este análisis económico, combinado con la significativa reducción de emisiones y contaminación auditiva, subraya el potencial de las motocicletas eléctricas para revitalizar vehículos obsoletos, ofreciendo una solución sostenible y económicamente viable para la movilidad urbana. Este enfoque no solo beneficia al usuario final, sino que también contribuye positivamente al medio ambiente, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad. Contribuyendo con una movilidad sostenible ya que se utilizan recursos ya existentes de esta manera impulsando el reciclaje, dando más opciones a la movilidad humana y contribuyendo con el medio ambiente.

La movilidad sostenible es un pilar clave para el desarrollo urbano responsable. Al aprovechar recursos existentes y promover el reciclaje, no solo se ofrecen más alternativas de transporte, sino que también se contribuye significativamente a la protección del medio ambiente. Este enfoque general permite reducir la huella de carbono, mejorar la calidad del aire y fomentar un estilo de vida más saludable y eco-amigable para las comunidades urbanas.

**Figura 45.**Diagrama de resultados.



**Nota.** En el diagrama se detallan los resultados obtenidos mediante la investigación y desarrollo del proyecto.

### 3.1 Instalación de los componentes

El montaje de una motocicleta eléctrica es un proceso meticuloso que garantiza su óptimo desempeño. Comienza con la instalación del motor eléctrico, el corazón de la motocicleta, asegurándose de que esté correctamente alineado y fijado. Luego, se procede a la colocación de la batería, que debe estar en un lugar accesible para su mantenimiento y, al mismo tiempo, protegida. Los controladores de velocidad son esenciales, ya que regulan la potencia y la respuesta del motor. Finalmente, se añaden los accesorios como luces LED, que ofrecen una visibilidad excelente y consumen menos energía, y un tablero de instrumentos digital, que proporciona información vital de manera clara y precisa. Cada paso se realiza con cuidado para asegurar que la motocicleta no solo sea segura y cómoda, sino también eficiente y placentera de conducir.

#### 3.1.1 Adaptación del nuevo soporte del motor (tijera)

Una vez que la motocicleta estuvo lista para su montaje, se adaptó el basculante diseñado previamente para soportar las cargas estudiadas, asegurándose de que no hubiera fallas durante el funcionamiento. Se verificó que el movimiento mecánico de la motocicleta no

se obstruyera y que tuviera las dimensiones adecuadas para el montaje posterior del motor eléctrico como se muestra en la Figura 46.

**Figura 46.** Montaje de la tijera.



**Nota.** En la figura se observa el acoplamiento de la tijera en el chasis de la motocicleta.

### ***3.1.2 Montaje del amortiguador***

Se incorporó un nuevo amortiguador al vehículo como se muestra en la Figura 47, soldando una base tanto en el basculante como en el chasis del vehículo, seleccionando su posición adecuada para que el amortiguador cumpla su función con eficiencia.

**Figura 47.** Montaje del amortiguador al scooter eléctrico.



**Nota.** En la figura se observa el amortiguador adaptado a la motocicleta eléctrica.

### ***3.1.3 Montaje del motor eléctrico***

Se posicionó el motor eléctrico ajustándose a las dimensiones del chasis y así evitar cualquier roce entre dichos componentes, posteriormente se verificó tanto el funcionamiento eléctrico como mecánico después de su instalación, paso importante para garantizar que todos los sistemas trabajen en conjunto de manera eficiente y segura como se muestra en la Figura 48.

**Figura 48.** Posicionamiento del motor eléctrico.



**Nota.** Posicionando la suspensión conforme al basculante adaptada para el correcto su correcto funcionamiento

#### ***3.1.4 Adaptación del freno posterior***

En cuanto a la adaptación del freno posterior se modificó totalmente el sistema, para lograr un frenado más eficiente, el vehículo base se manejaba con freno de tambor, por este motivo se implementó frenos de disco hidráulicos (Figura 49), los cuales son más eficientes en cuanto a frenado y poseen un sensor que corta la corriente del motor eléctrico, cuando este accionado el freno, logrando un frenado eficiente.

La sustitución de frenos de tambor por frenos de disco hidráulicos representa un salto significativo en este aspecto. Los frenos de disco ofrecen una mejor disipación del calor, lo que reduce el riesgo de fallo debido al sobrecalentamiento, especialmente en situaciones de uso intenso. Además, la incorporación de sensores que interrumpen la corriente del motor eléctrico al activar el freno es una innovación que no solo mejora la respuesta de frenado, sino que también contribuye a la seguridad general del vehículo.

Se modificó el mando de direccionales de la moto, para colocar la bomba de freno en la parte izquierda, en la llanta posterior se instaló un disco de freno junto con la mordaza y una línea de freno, encargada de llevar el fluido hidráulico, desde la manigueta hasta la mordaza.

**Figura 49.** Adaptación freno posterior



**Nota.** Se muestra el freno posterior que se instaló a la motocicleta eléctrica.

### ***3.1.5 Montaje de las baterías y su soporte***

El soporte de la batería se adaptó fácilmente al espacio preestablecido que se diseñó para adecuarse al motor, a su vez se fijan las baterías a los costados del vehículo, donde anteriormente se encontraba la llanta de emergencia en el lado derecho y en el izquierdo la batería del motor de combustión, de esta forma, se optimizó el espacio disponible de la motocicleta, posteriormente se realizó las conexiones pertinentes hacia el motor y hacia el controlador como se muestra en la Figura 50.

**Figura 50.** Soporte de las baterías instaladas.



**Nota.** Se muestra el soporte de baterías ya instalado en la motocicleta eléctrica.

### ***3.1.6 Montaje del controlador***

Se colocó el controlador en el lugar preestablecido que es debajo del asiento tal como se muestra en la Figura 51, al lado de las baterías internas, y se realizaron las respectivas

conexiones hacia el motor y baterías, una vez verificado el buen funcionamiento se fijaron todas las partes, para sus pruebas posteriores.

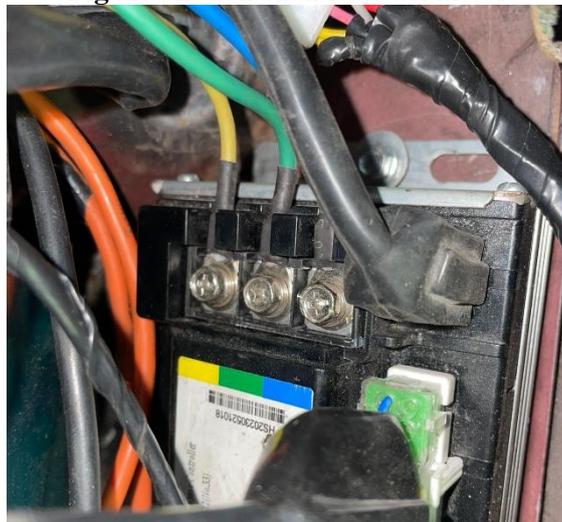
**Figura 51.** Controlador instalado.



**Nota.** Representación gráfica de la posición exacta de la posición del controlador.

Se determinan las conexiones del controlador hacia el motor siendo las principales para su funcionamiento, conectando las tres fases del motor en sus debidas posiciones, siguiendo el orden de colores que se muestra en el controlador, al igual que los sensores hall que determinan la posición en la que se encuentra el motor. Así también se conectaron los polos de las baterías en el lugar correspondiente como se muestra en la Figura 52.

**Figura 52.** Conexión fases del motor.



**Nota.** Representación gráfica de la conexión de las fases del motor.

### ***3.1.7 Montaje eléctricos y accesorios***

El montaje eléctrico y los accesorios de la motocicleta eléctrica son primordiales ya que este proceso permitió que la motocicleta eléctrica cumpla parámetros adecuados de

funcionamiento, seguridad y comodidad. A continuación, se describe el montaje de los componentes y accesorios.

### 3.1.7.1 Conexión interruptor de encendido.

Una vez conectadas las fases del motor con sus sensores al controlador, se procede a la conexión del interruptor de encendido, el cual permite el flujo de energía cuando se activa con la llave. En este caso, se conectaron solo dos cables que completan el circuito hacia el controlador, adaptando el interruptor a la llave anterior para mantener la integridad original del scooter, tal como se ilustra en la Figura 53.

**Figura 53.** Conexiones del interruptor.



**Nota.** Se observa el socket que se utilizó para la conexión del switch.

### 3.1.7.2 Conexión controles.

Al mantener la estructura de controles original de la motocicleta, se garantiza que la experiencia de conducción permanezca intacta, a la vez que se permite la integración de nuevas tecnologías o mejoras. Esta filosofía de diseño no solo respeta la herencia y la ergonomía de la moto (Figura 54), sino que también facilita la adaptación por parte de los usuarios, quienes encontrarán familiaridad en el manejo. Además, simplifica el mantenimiento y la reparación al utilizar conexiones compatibles con las partes originales.

**Figura 54.** Mandos del scooter eléctrico.



**Nota.** Representación gráfica de los mandos de la motocicleta.

Una vez determinada la forma en la que van conectados los mandos se adapta el socket que se muestra en la Figura 55 ,se detalla que control izquierdo se encarga de las direccionales, y el controlador derecho se encarga de las luces de alta, luces de baja y el botón de parqueo mismo que se utiliza como medida de seguridad para dar la señal de avanzar.

**Figura 55.** Socket de mandos.

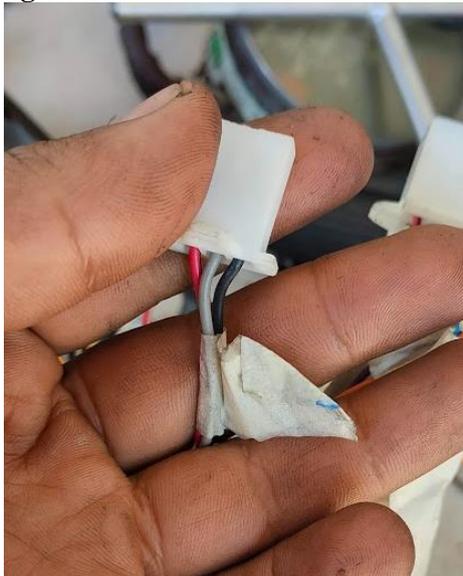


**Nota.** Conexiones de los mandos de la motocicleta eléctrica.

### 3.1.7.3 Conexiones convertidor DC-DC.

La instalación de un convertidor de corriente es un paso importante en la configuración de sistemas eléctricos para el proyecto. Este dispositivo permite utilizar baterías de alto voltaje, como las de 72V, y convertir su salida a un voltaje más bajo y manejable de 12V, adecuado para alimentar accesorios estándar del proyecto. Así, se garantiza la compatibilidad con una amplia gama de dispositivos y accesorios. El puerto del convertidor se muestra en la Figura 56

**Figura 56.** Sockets conexión convertidor



**Nota.** Se detalla los sockets utilizados para la conexión del convertidor.

#### 3.1.7.4 Conexión acelerador.

El acelerador (Figura 57) es un componente clave en la gestión del rendimiento del motor de un vehículo. Utiliza sensores Hall para proporcionar una señal precisa de potencia al motor, basada en la demanda del conductor. Con tres configuraciones de velocidad, permite limitar la velocidad máxima a 25 km/h, 35 km/h o más de 55 km/h, respectivamente, adaptándose así a diversas condiciones de conducción. Además, la función de reversa, que invierte la polaridad del motor, facilita las maniobras en espacios reducidos.

**Figura 57.** Acelerador electrónico.



**Nota.** Representación gráfica del acelerador de la motocicleta eléctrica con sus funciones.

Se realizaron pruebas de funcionamiento tras establecer las conexiones (Figura 58). Esto asegura que la implementación eléctrica funcionó correctamente y que la adaptación al modelo base sea óptima. Es recomendable seguir un protocolo de pruebas que incluya verificaciones funcionales, de rendimiento y de seguridad para garantizar que todo esté en orden antes de proceder a la fase de pruebas de rutas.

**Figura 58.** Conexión completa.



**Nota.** Representación gráfica de todas las conexiones instaladas.

## 3.2 Autonomía

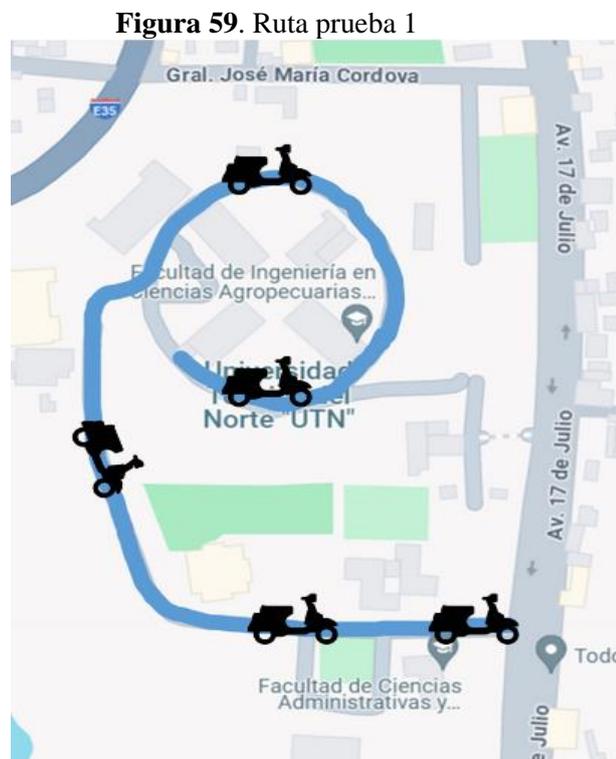
La autonomía, o la distancia que la moto puede recorrer con una sola carga, depende no solo de la batería, sino también del peso de la moto, la resistencia aerodinámica, y el estilo de conducción del usuario. Además, el desempeño general se ve afectado por el diseño del motor eléctrico, la transmisión y los sistemas de control electrónico que gestionan la distribución de la energía. Todos estos elementos deben trabajar en conjunto armoniosamente para optimizar el rendimiento y ofrecer una experiencia de conducción satisfactoria.

### 3.2.1 Análisis de recorrido

Se realizó tres pruebas de recorrido, que incluyeron una prueba dentro del campus universitario, como segunda prueba, se trasladó hacia el campus del estadio de la Universidad Técnica del Norte ida y vuelta y finalmente un tercer circuito, una ruta urbana desde el centro de la ciudad al campus universitario El Olivo.

#### 3.2.1.1 Prueba 1 (En el campus universitario).

Esta prueba se realizó dentro de las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte campus El Olivo, se hizo el recorrido por todas las facultades como se muestra en la Figura 59 en un tiempo establecido de 20 minutos, para esta prueba la velocidad se restringió a 20km/h con un peso de 190 kg total, siendo el principal objetivo obtener datos de autonomía.



**Nota.** Representación gráfica de la ruta que se realizó en la prueba 1.

En la Tabla 19 se muestran los parámetros que se tomó en cuenta para realizar la prueba tales como el voltaje inicial y carga.

**Tabla 19.** Parámetros prueba 1.

<b>Voltaje inicial</b>	78 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	100%
<b>Velocidad Máxima</b>	20 km/h
<b>Luces y accesorios</b>	Apagada
<b>Peso total</b>	190kg

**Nota.** En la siguiente tabla se detalla todos los parámetros para la prueba 1.

Los resultados indican, como se observa en la Tabla 20, una disminución del 15% en el nivel de batería. Esto ocurrió porque en esta prueba no se empleó el peso máximo y la ruta no presentó pendientes significativas.

**Tabla 20.** Resultados prueba 1.

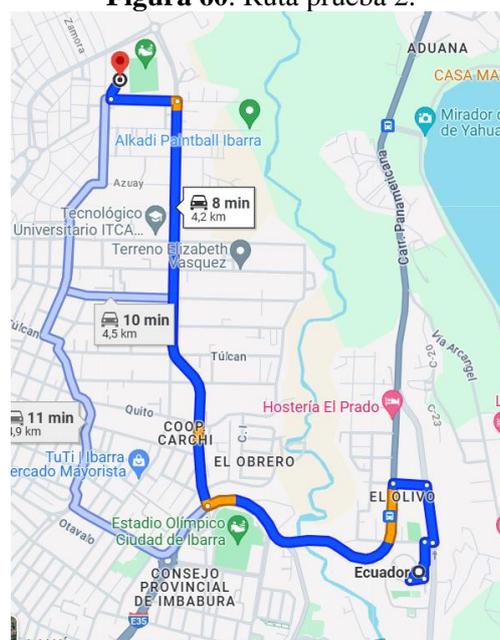
<b>Tiempo transcurrido</b>	<b>20 min</b>
<b>Distancia recorrida aproximada</b>	6.67 km
<b>Voltaje final</b>	75,2 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	≈85%

**Nota.** En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos con los parámetros establecidos.

### 3.2.1.2 Prueba 2 (Campus El Olivo-Campus Estadio UTN).

La prueba comenzó en el campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la Avenida 17 de Julio y General José María Córdova, y concluyó en el campus Estadio de la misma universidad, situado entre las calles Morona Santiago y Corredor Periférico Norte como se muestra en la Figura 60. Esta ruta se eligió debido a que los laboratorios diésel de la carrera de Ingeniería Automotriz se encuentran en el estadio.

**Figura 60.** Ruta prueba 2.



**Nota.** En la siguiente imagen se detalla la ruta 2 que fue de campus-campus.

En la Tabla 21 se muestran los parámetros que se tomó en cuenta para realizar la prueba.

**Tabla 21.** Parámetros prueba 2.

<b>Voltaje inicial</b>	78 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	100%
<b>Velocidad Máxima</b>	30 km/h
<b>Luces y accesorios</b>	Encendido
<b>Peso total</b>	255 kg

**Nota.** En la siguiente tabla se muestran los parámetros para realizar la prueba 2.

Los resultados obtenidos con los parámetros establecidos se presentan en la Tabla 22, donde se muestra una descarga del porcentaje de batería del 35%. Esto se debe a que se exigió la carga al máximo y la ruta tenía varias pendientes significativas, resultado de la topografía accidentada de la ciudad de Ibarra.

**Tabla 22.** Resultados prueba 2

<b>Tiempo transcurrido</b>	16,2 min
<b>Distancia recorrida aproximada</b>	8,1 km
<b>Voltaje final</b>	73,8 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	≈65%

**Nota.** En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos con los parámetros establecidos.

### 3.2.1.3 Prueba 3 (Sector urbano-campus).

Esta prueba inició en el centro de la ciudad de Ibarra en las calles Fray Vacas Galindo y Cristóbal de Troya, hasta el campus de la Universidad Técnica del Norte situado en las calles Av.17 de Julio y Gral. José María Córdova como se muestra en la Figura 61, se evaluó el desempeño de la motocicleta en tráfico real.



**Nota.** En la siguiente imagen se detalla la ruta 3 que fue de sector urbano-campus.

En la Tabla 23 se muestran los parámetros que se tomó en cuenta para realizar la prueba:

**Tabla 23.** Parámetros prueba 3.

<b>Voltaje inicial</b>	78 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	100%
<b>Velocidad Máxima</b>	30 km/h
<b>Luces y accesorios</b>	Encendido
<b>Peso neto</b>	190 kg

**Nota.** En la siguiente tabla se detalla todos los parámetros para la prueba 3.

Se obtuvo los siguientes resultados con los parámetros establecidos, como se puede observar en la Tabla 24 esta prueba tuvo una descarga del 10% de la batería, ya que no se exigió la carga al máximo y esta ruta presentaba factores con tráfico real.

**Tabla 24.** Resultados prueba 3.

<b>Tiempo transcurrido</b>	8 min
<b>Distancia recorrida aproximada</b>	3,5 km
<b>Voltaje final</b>	75,7 V
<b>Porcentaje de Batería</b>	≈90%

**Nota.** En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos con los parámetros establecidos.

### 3.2.2 Cálculos de autonomía

El análisis de las pruebas de ruta para la motocicleta es fundamental para comprender su autonomía. Mediante la aplicación de cálculos porcentuales, se puede determinar con precisión la intensidad de descarga de la batería, dato fundamental para calcular la autonomía en cada una de las pruebas para esto se agruparon los resultados finales de cada prueba como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Resultados pruebas de ruta 1, 2, 3.

	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
<b>Tiempo (min)</b>	20,00	16,20	8
<b>Tiempo (h)</b>	0,33	0,27	0,13
<b>Distancia (km)</b>	6,70	8,10	3,30
<b>Porcentaje de descarga</b>	15%	35%	10%

**Nota.** En la siguiente tabla se muestra los resultados de la tabla 1, 2, 3.

#### 3.2.2.1 Cálculo de intensidad de descarga.

Se inició analizando su descarga en Amperios-hora (Ah) según los resultados presentados en la Tabla 25. Utilizando la Ecuación (9), se calculó el valor de la capacidad descargada tras las pruebas realizadas. Posteriormente, se procedió a calcular la intensidad de descarga en Amperios (A) mediante la Ecuación (10), que toma en cuenta la capacidad de descarga dividida por el tiempo en cada ruta.

$$Descarga = \%de\ descarga \times C \quad (9)$$

$$I = \frac{Descarga}{t} \quad (10)$$

**Donde:**

CR = Capacidad restante de la batería en (Ah)

% de descarga= porcentaje de descarga(%)

C = Capacidad total de la batería en (Ah)

Descarga = Descarga en (Ah)

I = Intensidad de descarga en (A)

T = tiempo en (h)

La Tabla 26 es fundamental para entender la eficiencia de las pruebas realizadas. Al medir la intensidad de descarga en diferentes condiciones, se puede determinar la autonomía de la motocicleta en cada prueba realizada.

**Tabla 26.** Resultados intensidad de descarga.

	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
<b>Descarga (Ah)</b>	3,05	7,11	2,03
<b>Intensidad de descarga (A)</b>	9,14	26,31	15,23

**Nota.** En la tabla se representan los resultados de intensidad de descarga en cada prueba.

### 3.2.2.2 Resultados autonomía

Para determinar la autonomía en cada prueba, fue necesario utilizar el valor de la intensidad de descarga que se encuentra en la Tabla 26. Para el cálculo, se dividió la capacidad total de la batería entre la intensidad de descarga, tal como se muestra en la Ecuación (11), para obtener la autonomía de cada prueba en horas. En cuanto al cálculo de la autonomía en función de su distancia, se dividió la autonomía por el tiempo utilizado en la prueba y se multiplicó por la distancia recorrida, según lo indica la Ecuación (12).

$$A(h) = \frac{C}{I} \quad (11)$$

$$A(km) = \frac{A(h) \times d}{t} \quad (12)$$

**Donde:**

A (h) = Autonomía en función del tiempo (h)

A (km) = Autonomía en función de la distancia (km)

d = distancia recorrida en el ciclo de prueba (km)

t = tiempo recorrido en el ciclo de prueba (h)

Como se observa en la Tabla 27 tenemos los valores de autonomía tanto en horas como en kilómetros de cada prueba realizada.

**Tabla 27.** Resultados autonomía.

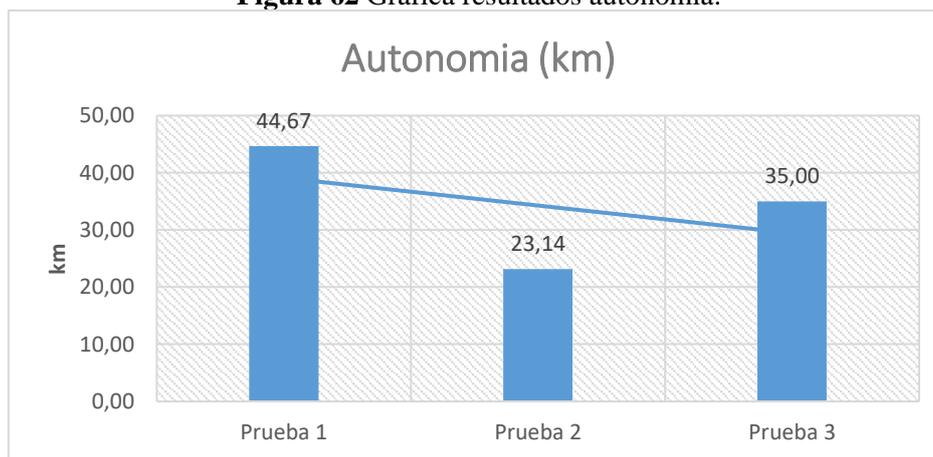
	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
<b>Autonomía (h)</b>	2,22	0,77	1,33
<b>Autonomía (km)</b>	44,67	23,14	35,00

**Nota.** En la tabla se aprecia los resultados de autonomía en las diferentes pruebas.

### 3.2.2. Análisis de Autonomía

Se puede comprobar que a medida que aumenta la inclinación de las pendientes y peso aplicado en la motocicleta, se aprecia un incremento en la intensidad de corriente de las baterías, disminuyendo considerablemente el tiempo de autonomía, tal como se aprecia en la Figura 62. La prueba 1 indica que condiciones de conducción más suaves requieren menos energía, mientras que la prueba 2 muestra cómo condiciones más exigentes incrementan el consumo energético y reducen la autonomía. Estos resultados son cruciales para optimizar el diseño y la funcionalidad de las motocicletas eléctricas en diferentes entornos.

**Figura 62** Grafica resultados autonomía.



**Nota.** Representación gráfica de la autonomía en kilómetros de cada prueba.

### 3.3 Análisis tiempo de carga

La Ecuación (13) es fundamental para calcular el tiempo de carga de una motocicleta eléctrica, ya que considera variables como la intensidad de la carga y la capacidad total de las

baterías. Según los parámetros de la Tabla 27, se puede estimar con precisión el tiempo necesario para una carga completa, lo que es esencial para la planificación y la gestión eficiente del uso de la motocicleta.

**Tabla 28.** Parámetros de carga

<b>Parámetros para la carga</b>	
<b>Porcentaje de batería</b>	5% (<69,6 V)
<b>Intensidad de carga</b>	3A
<b>Capacidad de baterías</b>	20,3 Ah

**Nota.** Los parámetros de carga se consiguen en los detalles del cargador de las baterías.

$$Carga = Ah \times \frac{\% \text{ restante de batería}}{A \text{ de cargador}} \times 1,25 \quad (13)$$

**Donde:**

Ah = Capacidad de la batería

A de cargador = Intensidad de carga del cargador

$$Carga = 20.3 \text{ Ah} \times \frac{5\%}{3\text{Ah}} * 1,25$$

$$Carga = 4,22h$$

La carga completa de una batería utilizando un cargador de 3A conectado a una fuente de 110V de corriente alterna durante 4.22 horas es un dato significativo para comprender la eficiencia del dispositivo de carga. Este resultado demuestra que el cargador puede recargar la batería desde un nivel muy bajo hasta su capacidad total en un tiempo razonable. Es crucial tener en cuenta que factores como el estado de la batería y la exactitud del cargador pueden afectar la duración de la carga.

### **3.4 Costos de mantenimiento y operación.**

Cuando se hace referencia a los costos de operación de una moto eléctrica varían según diversos factores, desde el tipo de componentes que se ha seleccionado hasta el mantenimiento.

#### **3.4.1 Costos de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo de una motocicleta eléctrica es crucial para garantizar su óptimo funcionamiento y extender su vida útil. Aunque la inversión inicial en una motocicleta eléctrica puede ser mayor en comparación con las motocicletas de combustión, los costos a

largo plazo de mantenimiento y reparación son significativamente menores. Esto se debe a que las motocicletas eléctricas tienen menos partes móviles y no requieren cambios de aceite ni filtros, lo que reduce la frecuencia y el costo de las intervenciones de mantenimiento.

Para la comparativa de costos se planteó una base de 2000 km, que es el uso promedio para que la motocicleta entre a servicio.

### 3.3.1.1 Costos de mantenimiento preventivo motor gasolina 2T.

Describe el costo que comprende las partes en el mantenimiento de una motocicleta eléctrica como mantenimiento preventivo cada 2000 km.

**Tabla 29.** Costos mantenimiento motor de combustión interna.

<b>Cantidad</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Aceite	Aceite 2t	15
1	Carburador	Limpieza y calibración de carburador	15
1	Bujía	Cambio	3.5
1	Filtro	Gasolina	3
1	Filtro	Aire	5
1	Engrase	Engrase de bujes y lubricación de partes	5
<b>Total</b>			<b>USD 46.5</b>

**Nota.** Costos de mantenimiento de un motor a combustión cada 2000 km.

### 3.3.1.2 Costos de mantenimiento de motor eléctrico

Describe el costo que comprende las partes en el mantenimiento de una motocicleta a combustión como mantenimiento preventivo cada 1000 km o 2 meses.

**Tabla 30.** Costos mantenimiento motor eléctrico.

<b>Cantidad</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
6	Baterías	Revisión del balance de las baterías	5
1	Controlador	Revisión del funcionamiento optimo	5
1	Motor	Revisión de sensores de motor	5
<b>Total</b>			<b>15</b>

**Nota.** Se detalla los costos de mantenimiento del motor eléctrico cada 2000 km.

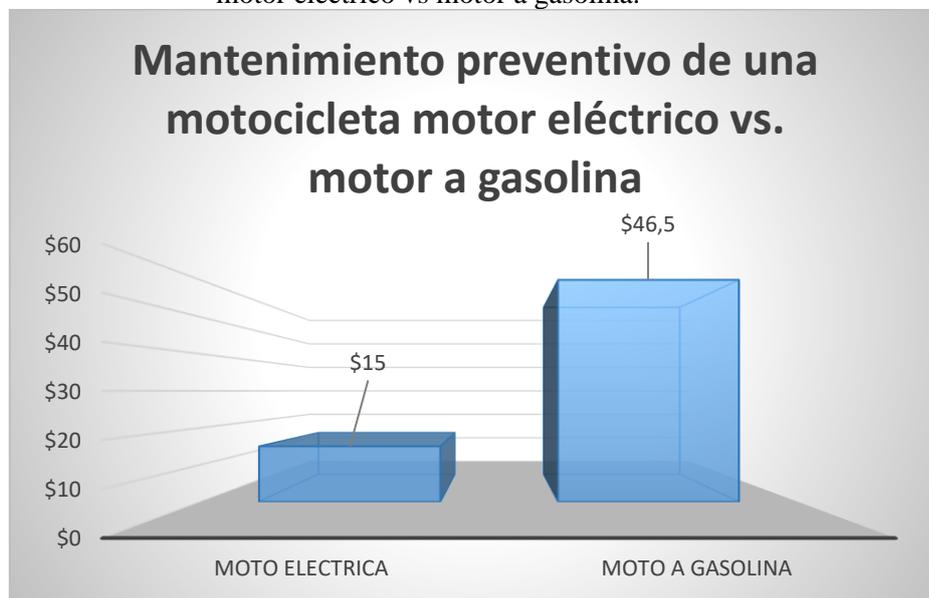
### 3.3.1.3 Análisis de costos de mantenimiento

Como se pudo observar en la Tabla 30, en lo que se refiere a la moto eléctrica se observó un costo relativamente bajo de mantenimiento cada dos meses o dos mil kilómetros, 15 dólares valor conveniente en lo que respecta a la movilidad humana.

En cuanto a la moto de combustión de 2T que usa una mezcla entre gasolina y aceite, esto incrementa el costo mensual en los mantenimientos (Tabla 29), también al ser una moto de combustión tiene muchos más componentes mecánicos lo que resulta un gasto más significativo, que de acuerdo con el estudio comparativo representa un valor de 46,5 USD cada 2000 Km.

El análisis financiero de los costos de mantenimiento para motocicletas revela una diferencia significativa entre los modelos eléctricos y los de combustión interna como se observa en la Figura 63. Con un gasto de mantenimiento preventivo de solo 15 USD en los 2000 km como se muestra en la Tabla 30, las motocicletas eléctricas ofrecen una opción más económica en comparación con los 46,5 USD por cada 2000 km que se requieren para las motocicletas de combustión interna como se muestra en la Tabla 29. Este ahorro de 31,5 USD no solo beneficia el bolsillo del consumidor, sino que también refleja una tendencia hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética, ofreciendo un ahorro del 67,74% si lo comparamos con el gasto generado con el mantenimiento de un motor de combustión interna.

**Figura 63.** Gráfico comparativo con respecto al mantenimiento preventivo de una motocicleta de motor eléctrico vs motor a gasolina.



**Nota:** Elaborado por el autor.

### 3.4.2 Costos de operación .

La evaluación de los costos operativos de las motocicletas eléctricas frente a las de combustión interna es un análisis complejo que implica múltiples variables. En el caso de las motocicletas eléctricas, el tiempo de carga y el costo por kilovatio-hora (kWh) son factores cruciales que afectan directamente la economía de su uso. Al comparar ambos tipos de motocicletas, es esencial considerar la capacidad del tanque de combustible y la autonomía que proporciona.

En Ibarra, estos costos pueden variar según el proveedor de energía y las tarifas aplicables, así como la infraestructura disponible para la carga. Por otro lado, las motocicletas con motor de combustión dependen del precio fluctuante de la gasolina, en este caso, la Eco

País, y su eficiencia en términos de autonomía por litro, lo que puede ofrecer una perspectiva diferente sobre la rentabilidad a largo plazo.

### 3.3.2.1 Costo operativo en un motor de combustión

En la Tabla 31 se detalla los costos de operación que tiene la motocicleta antes de la conversión, utilizando la gasolina Eco País como el combustible principal para determinar la autonomía que va a generar en un ciclo de conducción.

**Tabla 31.** Costos de manejo-motor combustión.

<b>Autonomía</b>	<b>252 km</b>
<b>Consumo</b>	28 km por litro
<b>Capacidad del tanque</b>	9 L
<b>Costo del litro</b>	0,59 USD
<b>Costo total</b>	5,31 USD

**Nota.** Se detalla todos aquellos costos de operación.

### 3.3.2.2 Costo operativo en un motor eléctrico

Para calcular la potencia del cargador en vatios, se multiplica el voltaje por el amperaje requerido del cargador según la Ecuación (14) para obtener su valor.

$$W = V \times A \quad (14)$$

$$W = V \times A$$

$$W = 72V \times 3A$$

$$W = 216 W$$

En la Tabla 32 se hace el análisis del costo en cuanto a la carga de la motocicleta eléctrica, este análisis se hace con el precio del kWh de la ciudad de Ibarra en zonas urbanas para determinar el valor en USD en un recorrido de 252 km, siendo esta la autonomía total del motor de combustión interna.

**Tabla 32.** Costos de operación de la motocicleta eléctrica.

<b>Autonomía</b>	<b>44,67 km</b>
<b>Potencia requerida del cargador</b>	0,22 kW
<b>Tiempo de carga</b>	4,22 h
<b>Costo de kWh</b>	0,1 USD
<b>Potencia hora total</b>	0,92 kWh
<b>Costo Total</b>	0,092 USD
<b>Costo Total 252 km</b>	0,52 USD

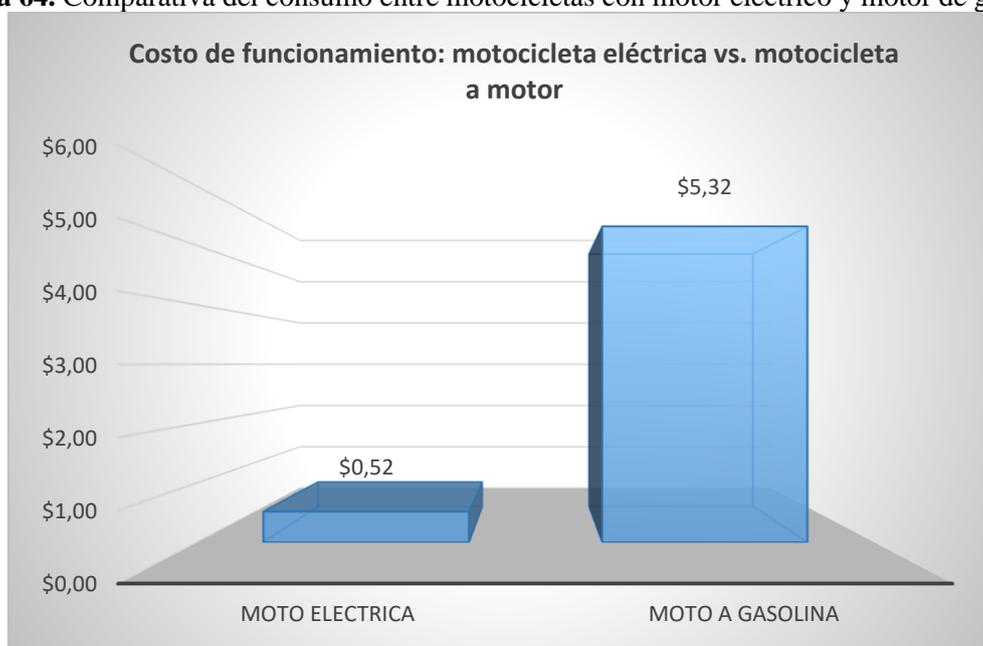
**Nota.** Se describe el tiempo de carga y costo que se genera.

### 3.3.2.3 Análisis de costos operativos

En este apartado, se puede ver la diferencia que existe entre el motor de combustión interna y el de propulsión eléctrica como se muestra en la Figura 64, es importante destacar que este análisis se hace en base a la autonomía del motor de combustión interna de 252 km, a comparación de la moto eléctrica, esta autonomía nos generaría aproximadamente 5,6 ciclos de carga respectivamente. Como se muestran en la Tabla 31 y Tabla 32 los costos de operación del motor de combustión interna generan un gasto de 5,31 USD a comparación de motor eléctrico que genera un gasto de 0,52 USD.

Los motores eléctricos generan un ahorro de 4,79 USD en un trayecto de 252 km, lo que representa un 90,21% menos en comparación con el gasto que se incurre utilizando un motor de combustión interna.

**Figura 64.** Comparativa del consumo entre motocicletas con motor eléctrico y motor de gasolina.



**Nota:** Elaborado por el autor.

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Esta investigación dio como resultado la identificación de múltiples criterios para seleccionar la motocicleta adecuada para la propulsión eléctrica. Utilizando fórmulas de dinámica longitudinal, se determinó que el motor necesita una potencia mínima de 1,08 kW para cumplir eficientemente con parámetros tales como una velocidad de 20 km/h y una carga máxima de 255 kg en las pruebas realizadas a la motocicleta.

La selección del acero AISI 1020 para el diseño del basculante resulta ser una decisión adecuada, dadas sus propiedades mecánicas, en particular su límite elástico de 351,6 MPa. Las simulaciones han confirmado que las tensiones en la pieza se mantienen por debajo de este umbral, con un valor de 84,1 MPa, lo que sugiere que el material es capaz de soportar las cargas impuestas sin deformarse de manera permanente. Adicionalmente, un factor de seguridad de 4,17 señala que la pieza posee una resistencia significativamente superior a las cargas previstas, ofreciendo así un amplio margen de seguridad para su aplicación. Esto asegura no solo la integridad estructural del basculante, sino también la fiabilidad y seguridad del diseño en su conjunto.

El análisis de autonomía realizado sobre la motocicleta eléctrica revela resultados prometedores. Alcanzar 44,67 km bajo condiciones ideales y mantener una autonomía de 23,14 km incluso bajo carga máxima, demuestra la eficiencia del diseño y la innovación tecnológica. Este logro no solo cumple con los objetivos del proyecto, sino que también establece un precedente alentador para futuras innovaciones en el sector de transporte sostenible, factores clave para los consumidores que buscan alternativas confiables y eficientes a los combustibles fósiles.

Se comprobó que a medida que aumenta la inclinación de las pendientes y peso aplicado en la motocicleta, se aprecia un incremento en la intensidad de corriente de las baterías, disminuyendo considerablemente el tiempo de autonomía. La prueba 1 en donde aplicamos cargas mínimas y pendientes no pronunciadas indica que, condiciones de conducción menos exigentes requieren una intensidad de descarga de 9,14 A, mientras que la prueba 2 en donde se aplicaron cargas máximas y pendientes pronunciadas, muestra cómo condiciones más

exigentes incrementan el consumo energético a 22,61 A reduciendo drásticamente su autonomía.

La autonomía de los vehículos eléctricos sigue mejorando, y aunque actualmente puedan requerir más ciclos de carga que los vehículos de combustión interna, los costos operativos significativamente más bajos y los beneficios ambientales, hacen que la propulsión eléctrica sea una opción cada vez más atractiva. En base a los análisis de costos se obtuvo un ahorro del 67,74% en gastos de mantenimiento preventivo cada 2000 km y del 90.21% en costos de operación por cada 252 km, son indicativos de cómo la eficiencia del proyecto puede tener un impacto económico directo en los consumidores. Estos ahorros, sumados a los incentivos gubernamentales, hacen que la transición a la movilidad eléctrica sea una opción viable y atractiva para un número creciente de personas.

La motocicleta con motor eléctrico ofrece una alternativa más limpia y eficiente en comparación con los motores de combustión interna. La capacidad de proporcionar torque de manera instantánea las hace no solo eficientes sino también ágiles en el tráfico urbano, en comparación con las motocicletas de combustión interna donde la aceleración rápida puede ser una ventaja. Además, su funcionamiento silencioso contribuye a la reducción de la contaminación acústica en las ciudades. Estas características, junto con los avances en la durabilidad de las baterías y la infraestructura de carga, hacen que la motocicleta con la innovación tecnológica sean una opción para los consumidores conscientes del medio ambiente y la eficiencia energética.

## 4.2 Recomendaciones

Realizar el respectivo análisis estructural del chasis de la motocicleta original para asegurarnos que sea el indicado en la transformación tecnológica, además planificar la ubicación de todos los componentes, primordialmente de las baterías, de esta forma se obtendrá un adecuado equilibrio y buena estabilidad.

A partir de la motocicleta eléctrica se puede presentar nuevas investigaciones, para mejorar el sistema de carga, tales como frenos regenerativos, amortiguadores regenerativos, y carga con paneles solares. Estas innovaciones no solo optimizan el uso de la energía, sino que también extienden la autonomía de las motocicletas y reducen los tiempos de carga.

Implementar baterías de ION litio, ya que estas tienen una mayor capacidad de resistencia a la descarga, también proporcionan una carga más rápida y ofrecen una densidad de energía superior, lo que significa que pueden almacenar más energía que las baterías de ácido plomo de tamaño similar.

Incentivar el uso de vehículos eléctricos ya que, no solo ofrecen el beneficio de ser más rentables en términos de operación y mantenimiento, sino que también contribuyen significativamente a la reducción de emisiones contaminantes y ruido ambiental.

Promover una economía baja en carbono y una sociedad más resiliente y consciente del impacto ambiental de sus acciones. Esto no solo protegen el medio ambiente, sino que también ofrecen oportunidades económicas, como el crecimiento impulsado por inversiones en energías renovables y tecnologías limpias.

Incorporar un sistema de carga rápida es fundamental para incrementar el tiempo de uso y la eficiencia de la motocicleta, minimizando así su tiempo de inactividad.

## Bibliografía

- [1] C. Garrett, “Huella de carbono del coche: reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>”, Climate Consulting. Consultado: el 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://climate.selectra.com/es/huella-carbono/coche>
- [2] R. Gómez, “Nuevas estrategias para la movilidad sostenible”, *Revista de Transporte y Medio Ambiente*, vol. 15, núm. 2, pp. 45–60, 2021, Consultado: el 24 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1234/rtma.2021.56789>
- [3] Mavink, “Movilidad sostenible”, Piramide de movilidad sostenible. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mavink.com/post/769E1378A5A60083653BF718A597FE055EAM9462AD/piramide-de-movilidad-sustentable>
- [4] C. Holman, R. Harrison, y X. Querol, “Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities.”, *Atmos Environ*, vol. 111, pp. 161–169, jun. 2015, Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.04.009>
- [5] UNADE, “Impulso a la movilidad sostenible”, UNIVERSIDAD AMERICANA DE EUROPA. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unade.edu.mx/impulso-a-la-movilidad-sostenible/>
- [6] K. Hermosilla, “Descubre porqué estas cinco ciudades son las más auto-sustentables del mundo”, NUEVA MUJER. Consultado: el 8 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.nuevamujer.com/lifestyle/2012/06/27/descubre-porque-estas-cinco-ciudades-son-las-mas-auto-sustentables-del-mundo.html>
- [7] L. Guzman, “Optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible en áreas metropolitanas”, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2012. Consultado: el 14 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=94665>
- [8] A. Ramiro, H. Claudia, y I. De la Lanza, “La bicicleta nos puede llevar hacia un futuro más sostenible e inclusivo tras la pandemia”, HABLEMOS DE SOSTENIBILIDAD Y CAMBIO CLIMATICO. Consultado: el 4 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/la-bicicleta-nos-puede-llevar-hacia-un-futuro-mas-sostenible-e-inclusivo-tras-la-pandemia/>

- [9] M. Aguilar y J. Pazmiño, “El desarrollo de la movilidad alternativa y la Reducción de la contaminación ambiental en el area urbana de Ambato”, UNIANDES, Ambato, 2022. Consultado: el 4 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14719>
- [10] M. Morales, “Los autos son la principal fuente de contaminación en Estados Unidos”, FUTURO VERDE. Consultado: el 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://futuroverde.org/2017/12/los-autos-son-la-principal-fuente-de-contaminacion-en-estados-unidos/>
- [11] V. Bustamante y J. Colimba, “Implementación de un sistema de baterías para moto eléctrica ecuatoriana”, DISEÑO EN INGENIERÍA, Universidad Internacional SEK, Quito, 2023. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/5047>
- [12] H. Libbey, “ELECTRIC BICYCLE”, 547,441, el 8 de octubre de 1895
- [13] Zero S, “Zero S Street”. Consultado: el 15 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://zeromotorcycles.com/es-es/model/zero-s>
- [14] KNAUFIndustries, “Motocicletas eléctricas: tipos, características y ventajas”, KNAUFIndustries.
- [15] W. Cuñas, “Investigación e implementación de un sistema de carga regenerativo para elevar las prestaciones de autonomía en una motocicleta eléctrica.”, Universidad Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, 2023. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/35241>
- [16] R. Krishnan, *Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control.*, Ilustrada. 2001.
- [17] N. Nitta, F. Wu, J. T. Lee, y G. Yushin, “Li-ion battery materials: present and future”, *Materials Today*, vol. 18, núm. 5, pp. 252–264, jun. 2015, doi: 10.1016/J.MATTOD.2014.10.040.
- [18] Sajal Kumar Das y W. X. Md. Rabiul Islam, *Advances in Control Techniques for Smart Grid Applications*. Singapore: Springer Singapore, 2022. doi: 10.1007/978-981-16-9856-9.
- [19] J. Román, “Conversión de una motocicleta de combustión interna a motocicleta eléctrica plug-in manteniendo la cadena de cinemática original para facilitar la adaptación del

- sistema y reducir las emisiones contaminantes emitidas en el Distrito Metropolitano de Quito”, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2024.
- [20] C. Bastidas y D. Cabrera, “Artículo Científico - Conversión de una moto de combustión interna a eléctrica con alimentación de energía solar y con carga de energía eléctrica.”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2014.
- [21] Movilidad Eléctrica, “Ventajas y beneficios de las scooters eléctricas”, Movilidad eléctrica. Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: Ventajas y beneficios de las scooters eléctricas
- [22] J. Smith y A. Johnson, “Avances en la tecnología de motores eléctricos”, *Revista de Ingeniería Eléctrica*, vol. 10, núm. 3, pp. 112–125, 2022, doi: DOI: 10.1234/rie.12345678.
- [23] D. Torres, “Por qué son más eficientes los motores eléctricos que los de combustión interna”, MOTORYSA. Consultado: el 11 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bydauto.com.co/blog/eficiencia-de-los-motores-electricos-vs-combustible/#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20la%20eficiencia,interna%20de%20gasolina%20o%20di%20C3%A9sel>.
- [24] J. Garcia, “Estudio de motores eléctricos para su uso en motocicletas”, Tesis de grado, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2012.
- [25] D. J. Griffiths, *Introducción a la electrodinámica*, 4ta ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hansandcassady.org/David%20J.%20Griffiths-Introduction%20to%20Electrodynamics-Addison-Wesley%20%282012%29.pdf>
- [26] I. De Vlaminc y C. Dekker, “Avances recientes en pinzas magnéticas.”, SEMANTIC SCHOLAR. Consultado: el 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Recent-advances-in-magnetic-tweezers.-Vlaminck-Dekker/992af12d684567c3bccd0da7b76869028ad49b2d>
- [27] E. C. Quispe y L. F. Mantilla, “Motores Eléctricos de Alta Eficiencia”.
- [28] F. H. Rebolleda, “DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UN MOTOR ASINCRONO TRIFASICO BIPOLAR MEDIANTE LA HERRAMIENTA INFORMATICA JMAG-DESIGNED”, Tesis Master, Universidad de Cantabria, Cantabria, 2018.

- [29] Motor Blog MAPFRE, “Motor asíncrono: Qué es y cómo funciona”, Motor Blog MAPFRE. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/>
- [30] R. Krishnan, *Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives*, 1ra ed. CRC Press, 2017. doi: 10.1201/9781420014235.
- [31] AMILCAR, “TIPOS DE MOTORES”, *Electronica21 rbn*. Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://amilcar434electronic.blogspot.com/2014/05/tipos-de-motores.html>
- [32] T. M. Jahns, *Overview of PM/Reluctance Synchronous Machine Opportunities and Challenges*. 2016. doi: 10.1007/978-3-319-32202-5\_1.
- [33] M. Fernando Sequeira Pereira, A. Mamede, y R. Esteves Araújo, “Switched Reluctance Motor Drives: Fundamental Control Methods”, en *Modelling and Control of Switched Reluctance Machines*, IntechOpen, 2020. doi: 10.5772/intechopen.90476.
- [34] OSWOS, “Reluctance Motor Types Overview and detailed Function”, OSWOS. Consultado: el 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://oswos.com/reluctance-motor/>
- [35] X. Chang-liang, *Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives and Controls*, 1ra ed. 2012.
- [36] F. Asadi, “Brushed Permanent Magnet DC Motors”, en *ABCs of Electronics*, 1a ed., APRESS, 2024, pp. 157–165. doi: 10.1007/979-8-8688-0134-1\_11.
- [37] B. Singh, “Recent advances in permanent magnet brushless DC motors”, *Sadhana*, vol. 22, núm. 6, pp. 837–853, dic. 1997, doi: 10.1007/BF02745848.
- [38] J. C. Gamazo-Real, E. Vázquez-Sánchez, y J. Gómez-Gil, “Position and Speed Control of Brushless DC Motors Using Sensorless Techniques and Application Trends”, *Sensors*, vol. 10, núm. 7, pp. 6901–6947, jul. 2010, doi: 10.3390/s100706901.
- [39] O. Becerra, “ Optimization design of brushless DC motor based on improved JAYA algorithm”, Tesis de grado, UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA, Bucaramanga, 2011. Consultado: el 24 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3277/digital\\_21641.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3277/digital_21641.pdf?sequence=1)

- [40] J. Monroy, “VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN COCHE ELÉCTRICO: 11 CLAVES”, TERRANEA. Consultado: el 25 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.terranea.es/ventajas-desventajas-del-coche-electrico/>
- [41] H. Jin y X. Sun, “Design of the Brushless DC Motor Driving System Based on STM32”, *OALib*, vol. 04, núm. 06, pp. 1–9, 2017, doi: 10.4236/oalib.1103703.
- [42] P. Krause, o Wasynczuk, y S. Sudhoff, *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems.*, 2a ed. Wiley-IEEE Press, 2002.
- [43] Z. Zhengcheng y S. Z. Sheng, *Rechargeable Batteries*. Cham: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-15458-9.
- [44] A. K. M. A. Habib, M. K. Hasan, G. F. Issa, D. Singh, S. Islam, y T. M. Ghazal, “Lithium-Ion Battery Management System for Electric Vehicles: Constraints, Challenges, and Recommendations”, *Batteries*, vol. 9, núm. 3, p. 152, feb. 2023, doi: 10.3390/batteries9030152.
- [45] J. B. Goodenough y K.-S. Park, “The Li-Ion Rechargeable Battery: A Perspective”, *J Am Chem Soc*, vol. 135, núm. 4, pp. 1167–1176, ene. 2013, doi: 10.1021/ja3091438.
- [46] SOVI, “BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO: QUÍMICA, USOS, PROS Y CONTRAS”, SOVI. Consultado: el 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sovi.es/bateria-de-plomo-acido-quimica-usos-pros-y-contras/>
- [47] J. Calzavara, “Environmental and Social Impact Assessment of Electric Motorcycles in Kampala, Uganda”, Master’s Thesis, Courtright, 2021. doi: <https://dx.doi.org/10.7302/1037>.
- [48] A. J. Colbert, B. J. Soden, y B. P. Kirtman, “The Impact of Natural and Anthropogenic Climate Change on Western North Pacific Tropical Cyclone Tracks\*”, *J Clim*, vol. 28, núm. 5, pp. 1806–1823, mar. 2015, doi: 10.1175/JCLI-D-14-00100.1.
- [49] P. Frías y C. Perales, “Aspectos medioambientales del vehículo eléctrico”, Tesis de grado, Universidad Pontificia Comillas, Comillas, 2019. Consultado: el 18 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/36741>
- [50] A. Ríos, C. Vargas, J. Guamán, y M. Otorongo, “Implicaciones Energéticas y Medio Ambientales de la Integración de Autobuses Eléctricos en el Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Ambato”, *Revista Politécnica*, Quito, pp. 25–36, 2018.

- [51] J. Martínez, “Importación de motos eléctricas desde China.”, Tesis de grado, Universidad de las Américas, Quito, 2017. Consultado: el 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7926>
- [52] C. Sanchez, “Registro para los mini vehículos en Cuenca”, El Mercurio. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://elmercurio.com.ec/2023/09/01/registro-moni-vehiculos-cuenca/>
- [53] Servicio Ecuatoriano de Normalización., “RTE INEN 136 (1R) ‘MOTOCICLETAS’ ”. Consultado: el 18 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pudeleco.com/files/Modificatoria%201%20RTE%20136.pdf>
- [54] Servicio Ecuatoriano de Normalización, “REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 034 (4R)”.
- [55] A. F. Herrera-Ordoñez y Y. G. Calva-Vega, “La legislación para circulación de scooters en Ecuador. Análisis en derecho comparado”, *IUSTITIA SOCIALIS*, vol. 7, núm. 2, p. 1020, ago. 2022, doi: 10.35381/racji.v7i2.2355.
- [56] DESERT CAR, “12 Inch Hub Motor, 60V 72V Brushless DC Hub Motor”. Consultado: el 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.desertcart.ae/products/548350038-12-inch-hub-motor-60-v-72-v-brushless-dc-hub-motor-3000-w-low-noise-waterproof-disc-brake-hub-motor-for-electric-scooters-bicycles-and-motorcycles-multiple-safety-protection>
- [57] E. Amaguaña, “CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES BRUSHLESS APLICADO A UN ROBOT OMNIDIRECCIONAL ”, *PENTACIENCIAS*, vol. 5, núm. 1, pp. 48–64, 2023.
- [58] D. A. J. Rand, P. T. Moseley, y C. D. Parker, “Valve-regulated Lead-Acid Batteries”. [En línea]. Disponible en: <http://www.elsevier.com/locate/permissions>
- [59] Manmanbuy, “BATERÍA TIANNENG La batería de plomo-ácido para la instalación de la tienda ~ 48v20ah”, Manmanbuy. Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://cu.manmanbuy.com/discuxiao\\_7320668.aspx](https://cu.manmanbuy.com/discuxiao_7320668.aspx)
- [60] Y. Bolaños y F. Pineda, “DIDACTIC SYSTEM FOR THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL CONTROLLERS”, *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 2, núm. 20, may 2012, Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/1969/5569>

- [61] A. Vilañez y L. Méndez, “Imagen Controlador 72V 2000W”, 2024, *Ibarra*.
- [62] JUMP WAY, “Controlador de motocicleta eléctrica Luqi 2.0”, JUMP WAY. Consultado: el 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://jump-way.ma/produit/controlleur-pour-moto-electrique-luqi-2-0/>
- [63] F. Aguirre y J. Ortega, “Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de cuenca”, Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2020. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18708/1/UPS-CT008754.pdf>
- [64] Cdiscount, “Acelerador rotativo, manija del acelerador, universal para bicicletas de bolsillo para patinete eléctrico para bicicletas”, Cdiscount. Consultado: el 19 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cdiscount.com/auto/pieces-2-roues/accelerateur-rotatif-poignee-d-accelerateur-univ/f-1334309-auc9588115089543.html>
- [65] Materiales de Laboratorio, “Velocímetro”, Materiales de Laboratorio. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://materialeslaboratorio.com/velocimetro/>
- [66] J. Lascano, L. Chiza, R. Saraguro, C. Quinatoa, y J. Tapia, “Estimación de la Demanda de una Estación de Carga para Vehículos Eléctricos Mediante la Aplicación de Métodos Probabilísticos”, *Revista Técnica “energía”*, vol. 20, núm. 1, pp. 52–64, jul. 2023, doi: 10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.569.
- [67] D. Barbosa, “¿Qué es una moto eléctrica? Movilidad sostenible sobre dos ruedas”. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-una-moto-electrica/>
- [68] Electropecas, “Mini Disjuntor Metaltex N3-1C16”, Electropecas. Consultado: el 30 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eletopecas.com/mini-disjuntor-metaltex-n3-1c16/p>
- [69] FVN, “Conector de Batería XT60 para scooter eletrica citycoco”. Consultado: el 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fvn.com.br/acessorios/pecas-de-reposicao/conector-de-bateria-para-scooter-eletrica-citycoco->
- [70] L. Martínez, *Tecnología y diseño de discos de frenos*, 2a ed. Técnica, 2017.

- [71] R. Hernández, *Sistemas de frenos automotrices: Diseño y funcionamiento*, 1a ed. Editorial Mecánica, 2018.
- [72] S. Garzón, P. Ayala, y A. Ibarra, “ANÁLISIS DE CONVERTIDORES DE POTENCIA DC-DC CON SOFTWARE LIBRE OPENMODELICA ”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2020. Consultado: el 18 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/5186>
- [73] J. Martínez, “Diseño y desarrollo de un amortiguador de motocicleta”, Tesis de grado, Universidad Politécnica de Cataluña, 2021. Consultado: el 17 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/353983>
- [74] BOSCH, *Manual de la técnica del automóvil*, 3a ed. 2008.
- [75] Á. Remache, J. Leguísamo, y E. Tamayo, “Análisis topológico mediante el Método de Elementos Finitos del chasis de una motocicleta de competencia”, *Enfoque UTE*, vol. 10, núm. 3, pp. 81–97, sep. 2019, doi: 10.29019/enfoque.v10n3.454.
- [76] F. Beer, E. Johnston, y J. DeWolf, *Mechanics of Materials* , 7a ed. McGraw-Hill Education., 2015.



NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis Mendez - Vilañes.docx**

AUTOR

**Mendez**

RECUENTO DE PALABRAS

**19614 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**107271 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**91 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 19, 2024 3:34 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 19, 2024 3:36 PM GMT-5**

### ● 7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)