



Facultad de Ciencia y Tecnología
Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Trabajo de Titulación:
Conversión de Moto Marca Galardi a Propulsión Eléctrica.

Trabajo Previo a la Obtención del título de Tecnólogo Superior en Electrónica
Automotriz.

Autores:
Javier Sebastian Romo Santander.
Carlos Joaquin Abad Tinoco.

Director:
Dr. Efrén Esteban Fernández Palomeque.

Cuenca – Ecuador
2026.

Dedicatoria.

Dedico el presente trabajo al esfuerzo constante de mis padres, Patricio y Carmen, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación, no solo por su apoyo económico, sino también por su guía y confianza a lo largo de este proceso. A mis abuelos, Ángel y Maria, y a mi tía Anita, por su respaldo incondicional y por estar presentes en cada etapa, brindándome tanto apoyo moral como los recursos necesarios para continuar.

A toda mi familia, en especial a mis hermanas Bianca y Angélica, y a mi enamorada Hillary, por el acompañamiento y la motivación constante que hicieron posible culminar este proyecto. A mi compañero de tesis, Joaquín Abad, por su apoyo durante el desarrollo del proyecto. Pero sobre todo, y de manera especial, a mis dos guías en el campo teórico: mi padre y mi abuelo, quienes me introdujeron en el mundo de la mecánica general, y a mi padre, quien desde pequeño me inculcó el amor por los motores.

-Javier Sebastian Romo Santander -

Dedico el presente trabajo a quienes han sido pilares fundamentales en mi formación personal y profesional. A mis padres, María Isabel Tinoco Torres y Pablo Antonio Abad Molina, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y el apoyo brindado en cada etapa de mi vida. Gracias por ser mi guía y ejemplo. A mis hermanos, Pablo Andrés Abad Tinoco y Pablo Esteban Abad, por su compañía, respaldo y motivación permanente, que han sido esenciales en este camino. A mis abuelos, León Benigno Tinoco García, Rosalba del Rosario Torres Palacios, Carlos Edgar Abad Piña y Lucía Mariana de los Dolores Molina, por sus enseñanzas, valores y el cariño que han dejado una huella imborrable en mi vida. A mi compañero de trabajo de tesis, Javier Romo, por su colaboración, compromiso y valioso aporte durante el desarrollo de este proyecto. A mi tutor, Efrén Fernández, por su orientación, conocimientos y dedicación, que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este logro académico, el cual también les pertenece.

– Carlos Joaquín Abad Tinoco –

Agradecimiento.

A nuestro tutor de tesis Ing. Efrén Fernández, por su orientación y aportes durante el desarrollo de este trabajo, los cuales permitieron encaminar el proyecto de manera adecuada. A nuestros estimados docentes que nos acompañaron a lo largo de nuestra preparación académica y profesional. A mi padre (Patricio), por su apoyo directo en la elaboración del proyecto, brindando guía y criterio técnico para su correcta ejecución. A mi abuelo (Angel), por facilitar el espacio de trabajo necesario para la fabricación de los componentes, contribuyendo de manera importante al desarrollo práctico del proyecto.

Resumen:

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la conversión de una motocicleta de combustión interna a un sistema de propulsión eléctrica, mediante la selección, diseño e integración de componentes eléctricos y mecánicos.

El desarrollo incluyó la evaluación del chasis, la selección del sistema de propulsión (motor, controlador y baterías) y la fabricación de soportes estructurales mediante procesos de corte, soldadura y mecanizado. Asimismo, se adaptó el sistema de transmisión para asegurar una adecuada transferencia de potencia.

Se analizaron parámetros como la corriente de operación, el consumo energético y la relación de transmisión, estableciendo criterios para un funcionamiento seguro del sistema.

Las pruebas en condiciones reales evidenciaron un consumo aproximado de 45 Wh/km, una autonomía estimada de 48 km y una velocidad máxima cercana a 50 km/h. Los resultados demuestran que el sistema es funcional y técnicamente viable.

Palabras clave: propulsión eléctrica, conversión vehicular, motor BLDC, relación de transmisión, eficiencia energética.

Abstract:

This thesis presents the conversion of an internal combustion motorcycle into an electric propulsion system through the selection, design, and integration of electrical and mechanical components.

The development included chassis evaluation, selection of the propulsion system (motor, controller, and batteries), and the manufacturing of structural supports using cutting, welding, and machining processes. The transmission system was adapted to ensure proper power transfer.

Key parameters such as operating current, energy consumption, and transmission ratio were

analyzed to ensure safe operation.

Experimental tests under real conditions showed an average consumption of 45 Wh/km, an estimated range of 48 km, and a maximum speed close to 50 km/h. The results confirm that the system is functional and technically viable.

Keywords: electric propulsion, vehicle conversion, BLDC motor, transmission ratio, energy efficiency.

Índice del Contenido:

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	iii
Resumen:.....	iv
Abstract:.....	iv
Índice del Contenido:.....	vi
Índice de Tablas:.....	ix
Índice de Figuras:.....	x
1. Introducción.....	1
2. Justificación.....	2
3. Objetivos.....	3
3.1.Objetivo General.....	3
3.2.Objetivos Específicos.....	3
4. Marco teórico.....	3
4.1.Sistemas de propulsión eléctrica.....	3
4.2.Motor eléctrico tipo BLDC.....	4
4.3.Parámetros eléctricos fundamentales.....	4
4.4.Sistema de baterías y BMS.....	5
4.5.Controlador electrónico.....	5
4.6.Sistema de transmisión mecánica.....	5
4.7.Procesos de manufactura aplicados.....	6
5. Metodología.....	6
5.1.Evaluación inicial del vehículo.....	6
5.2.Restauración del chasis.....	7
5.3.Selección del sistema de propulsión.....	8
5.4.Diseño mecánico.....	9
5.5.Fabricación de componentes.....	9
5.6.Integración del sistema.....	10
5.7.Pruebas experimentales.....	11
6. Diseño y desarrollo mecánico.....	11
6.1.Evaluación estructural del chasis.....	11

6.2.	Restauración y acondicionamiento.	11
6.3.	Diseño de soportes estructurales.	12
6.4.	Selección de materiales.	12
6.5.	Procesos de fabricación.	12
Corte por plasma CNC:		12
Soldadura estructural:		13
Doblado de platinas:		14
Mecanizado en torno:		14
6.6.	Integración del sistema mecánico.	14
6.7.	Adaptaciones adicionales.	15
7.	Análisis del sistema eléctrico.	16
7.1.	Características del sistema.	16
7.2.	Calculo del sistema de operación.	16
7.3.	Selección del controlador.	16
7.4.	Sistema de baterías.	17
7.5.	Análisis del consumo energético.	17
7.6.	Perdidas eléctricas y calentamiento.	18
7.7.	Sistema de protección.	18
7.8.	Comportamiento del sistema bajo carga.	19
8.	Sistema de transmisión.	19
8.1.	Descripción del sistema de transmisión.	20
8.2.	Configuración del sistema.	20
8.3.	Calculo de la relación de transmisión.	20
8.4.	Interpretación de la relación de transmisión.	20
8.5.	Justificación del diseño.	21
8.6.	Comportamiento del sistema.	22
9.	Análisis energético.	24
9.1.	Capacidad energética del sistema.	24
9.2.	Consumo energético.	25
9.3.	Autonomía estimada.	25
9.4.	Interpretación de resultados.	26
9.5.	Comportamiento en condiciones reales.	26
9.6.	Limitaciones del análisis.	26

10.Resultados experimentales.	27
10.1.Condiciones de prueba.	27
10.2.Comportamiento eléctrico.	27
10.3.Consumo energético.	28
10.4.Comportamiento térmico.	28
10.5.Desempeño mecánico.	28
10.6.Velocidad del vehículo.	28
10.7.Observaciones generales.	28
11.Discusión.	29
11.1.Análisis general del sistema.	29
11.2.Costos.	30
11.3.Comparación entre valores teóricos y reales.	31
11.4.Comportamiento energético.	31
11.5.Comportamiento técnico.	32
11.6.Evaluación del sistema de transmisión.	32
11.7.Limitaciones del sistema.	32
11.8.Validación del proyecto.	33
11.9.Evaluación del prototipo fabricado.	33
12.Conclusiones.	34
13.Recomendaciones.	36
14.Lista de referencias.	37

Indice de Tablas:

Tabla 1	5
Carga de batería.....	5
Tabla 2	15
Procesos mecánicos.....	15
Tabla 3	17
Modos de manejo.....	17
Tabla 4	18
Consumo energético y autonomía.....	18
Tabla 5	19
Correcciones eléctricas.....	19
Tabla 6	19
Componentes eléctricos.....	19
Tabla 7	22
Relación de transmisión.....	22
Tabla 8	22
Relación de transmisión 2.....	22
Tabla 9	23
Revoluciones por minuto.....	23
Tabla 10	25
Prueba energética.....	25
Tabla 11	27
Relación peso consumo energético.....	27
Tabla 12	31
Costos de fabricación.....	31
Tabla 13	33
Autonomía.....	33
Tabla 14	35
Cumplimiento de objetivos.....	35

Indice de Figuras:

Figura 1.....	7
Remoción de oxido.....	7
Figura 2.....	7
Corrección de cuadro de moto.....	7
Figura 3.....	8
Mantenimiento de suspensión.....	8
Figura 4.....	8
Pintura al cuadro de la moto.....	8
Figura 5.....	9
Elementos de propulsión del prototipo.....	9
Figura 6.....	10
Diseño tapa lateral.....	10
Figura 7.....	10
Diseños AutoCAD UDA.....	10
Figura 8.....	13
Visualización máquina de corte CNC.....	13
Figura 9.....	13
Corte Base Motor.....	13
Figura 10.....	13
Soldado de bases.....	13
Figura 11.....	14
Dobles mecanizado de soportes y bases.....	14
Figura 12.....	14
Mecanizado en torno.....	14
Figura 13.....	15
Mecanizado de reductor.....	15

Figura 14.....	26
Adaptación caja reductora y motor.....	26
Figura 15.....	29
Prototipo finalizado.....	29

1. Introducción.

La necesidad de reducir el impacto ambiental asociado al transporte ha impulsado la búsqueda de alternativas a los sistemas de propulsión basados en combustibles fósiles. En el contexto de la movilidad urbana, los vehículos de combustión interna representan una fuente significativa de emisiones contaminantes, además de implicar mayores costos operativos y requerimientos de mantenimiento debido a su complejidad mecánica.

Si bien los vehículos eléctricos comerciales constituyen una solución directa a esta problemática, su adopción en entornos locales se ve limitada por factores como el costo de adquisición, la disponibilidad de repuestos y el acceso a tecnología especializada. Frente a esta realidad, la conversión de vehículos existentes a sistemas de propulsión eléctrica se presenta como una alternativa viable, permitiendo reutilizar estructuras mecánicas y adaptar soluciones en función de recursos disponibles y condiciones reales de implementación.

En este contexto, el presente trabajo aborda la conversión de una motocicleta de combustión interna a un sistema de propulsión eléctrica, considerando el proceso no como la instalación directa de un sistema comercial, sino como la integración técnica de componentes seleccionados de acuerdo con criterios de desempeño, compatibilidad y limitaciones de presupuesto.

Durante el desarrollo del proyecto se realizó la evaluación del estado mecánico del chasis, la selección del sistema de propulsión (motor, controlador y baterías) y el diseño de elementos mecánicos necesarios para su acoplamiento. Este proceso implicó la fabricación de soportes mediante técnicas de corte, soldadura y mecanizado, así como la adaptación del sistema de transmisión para asegurar una adecuada transferencia de potencia hacia la rueda.

Adicionalmente, se consideraron parámetros eléctricos y mecánicos relevantes, tales como la corriente de operación del sistema, el consumo energético y la relación de transmisión, los cuales permitieron establecer criterios para el dimensionamiento de los componentes y garantizar su funcionamiento dentro de condiciones seguras.

Finalmente, se realizaron pruebas en condiciones reales de operación, con el objetivo de

evaluar el comportamiento del sistema en términos de respuesta, consumo y estabilidad, permitiendo validar la funcionalidad del prototipo desarrollado.

2. Justificación.

El desarrollo de alternativas de movilidad eléctrica responde a la necesidad de reducir el impacto ambiental y los costos asociados al uso de vehículos de combustión interna, especialmente en entornos urbanos donde el uso de motocicletas es frecuente.

En el contexto local, la adquisición de vehículos eléctricos comerciales representa una limitación debido a su costo elevado y a la disponibilidad restringida de repuestos y soporte técnico. Esta situación dificulta la adopción de tecnologías limpias, a pesar de sus beneficios en términos de eficiencia energética y reducción de emisiones.

Frente a esta problemática, la conversión de motocicletas de combustión interna a sistemas de propulsión eléctrica se presenta como una solución viable desde el punto de vista técnico y económico, permitiendo aprovechar la estructura existente del vehículo y adaptar componentes eléctricos en función de los recursos disponibles.

El presente proyecto se justifica en la necesidad de demostrar que es posible desarrollar un sistema de propulsión eléctrica funcional mediante la selección, adaptación e integración de componentes, sin depender de soluciones comerciales completas. Este enfoque permite no solo reducir costos, sino también comprender el funcionamiento del sistema a nivel técnico, lo cual resulta fundamental en el ámbito de la formación en ingeniería.

Adicionalmente, el proyecto aporta valor en términos prácticos, al evidenciar que la implementación de sistemas eléctricos en vehículos livianos puede realizarse utilizando procesos de fabricación accesibles, tales como corte, soldadura y mecanizado, facilitando su replicabilidad en contextos similares.

Desde el punto de vista académico, este trabajo permite integrar conocimientos de distintas áreas, como sistemas eléctricos, diseño mecánico y manufactura, aplicándolos en un caso real. Asimismo, la validación del sistema mediante pruebas en condiciones de operación permite

evaluar su desempeño y establecer criterios para futuras mejoras.

En conjunto, la realización de este proyecto no solo responde a una necesidad técnica, sino que también contribuye al desarrollo de soluciones prácticas orientadas a la movilidad sostenible, adaptadas a condiciones reales de implementación.

3. Objetivos.

3.1. Objetivo General.

Realizar la conversión de una motocicleta de combustión interna a un sistema de propulsión eléctrica, mediante el diseño, selección, integración y validación de componentes eléctricos y mecánicos, garantizando su funcionamiento bajo condiciones reales de operación.

3.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el estado mecánico del chasis de la motocicleta, con el fin de determinar su viabilidad para la conversión a sistema eléctrico.
- Seleccionar los componentes del sistema de propulsión eléctrica (motor, controlador y baterías) en función de criterios de desempeño, compatibilidad y disponibilidad.
- Diseñar los elementos mecánicos necesarios para la integración del sistema, considerando alineación, distribución de cargas y condiciones de operación.
- Fabricar los soportes estructurales y componentes de acople mediante procesos de corte, soldadura y mecanizado.
- Determinar la relación de transmisión adecuada para el sistema, priorizando el desempeño en torque y condiciones reales de uso.
- Integrar el sistema eléctrico y mecánico en el vehículo, asegurando su correcto funcionamiento.
- Realizar pruebas experimentales para evaluar el desempeño del sistema en términos de consumo energético, respuesta y estabilidad.

4. Marco teórico.

4.1. Sistemas de propulsión eléctrica.

Los sistemas de propulsión eléctrica convierten la energía eléctrica almacenada en baterías en

energía mecánica, la cual es utilizada para generar movimiento. En aplicaciones vehiculares, estos sistemas presentan ventajas frente a los motores de combustión interna, tales como mayor eficiencia energética, menor cantidad de componentes móviles y reducción significativa de emisiones durante su operación.

En el caso de motocicletas eléctricas, el sistema de propulsión está compuesto principalmente por un motor eléctrico, un controlador y un sistema de almacenamiento energético, los cuales trabajan de forma conjunta para suministrar potencia al vehículo según las condiciones de operación.

4.2. Motor eléctrico tipo BLDC.

El motor utilizado en este tipo de aplicaciones corresponde a un motor de corriente continua sin escobillas (BLDC), el cual se caracteriza por su alta eficiencia, bajo mantenimiento y capacidad de entrega de torque desde bajas revoluciones.

A diferencia de los motores tradicionales con escobillas, los motores BLDC emplean conmutación electrónica, lo que reduce pérdidas por fricción y mejora su vida útil. Este tipo de motor es ampliamente utilizado en vehículos eléctricos debido a su relación favorable entre potencia, peso y eficiencia.

4.3. Parámetros eléctricos fundamentales.

El comportamiento del sistema eléctrico se rige por la relación entre potencia, voltaje y corriente:

$$P = V * I$$

Donde la potencia entregada por el sistema depende del voltaje de la batería y la corriente demandada por el motor.

Asimismo, las pérdidas eléctricas en los conductores se relacionan con la resistencia del material y la corriente que circula por ellos:

$$P = I^2 * R$$

Este fenómeno explica el calentamiento del cableado cuando se utilizan conductores de sección insuficiente.

4.4.Sistema de baterías y BMS.

El sistema de almacenamiento energético está compuesto por baterías de ion-litio, las cuales presentan alta densidad energética y buena eficiencia de carga y descarga.

Para garantizar un funcionamiento seguro, estas baterías requieren un sistema de gestión (BMS), encargado de:

- controlar la corriente de carga y descarga
- proteger contra sobrecargas
- balancear las celdas
- evitar condiciones de sobrecalentamiento.

Parámetro.	Valor.
Voltaje de carga.	72-87.6 V
Corriente de carga.	8A
Capacidad batería.	30 Ah
Tiempo estimado de carga.	4-5 Horas.
Tipo de carga.	Lenta

Tabla 1

Carga de batería.

4.5.Controlador electrónico

El controlador es el encargado de regular la energía suministrada al motor, modulando la corriente en función de la demanda del usuario. Este componente permite gestionar la aceleración, limitar la corriente máxima y proteger el sistema ante condiciones de operación críticas.

Además, el controlador actúa como interfaz entre la batería y el motor, asegurando que la energía se entregue de forma controlada y eficiente.

4.6.Sistema de transmisión mecánica.

El sistema de transmisión permite transferir la potencia generada por el motor hacia la rueda trasera, adaptando la velocidad y el torque según las necesidades del vehículo.

En sistemas eléctricos, debido a la alta velocidad de rotación del motor, es necesario utilizar relaciones de transmisión que reduzcan la velocidad y aumenten el torque disponible en la rueda, mejorando el desempeño en arranque y condiciones de carga.

4.7. Procesos de manufactura aplicados

La integración del sistema eléctrico en el vehículo requiere la fabricación de componentes estructurales, para lo cual se emplean procesos como:

- corte por plasma CNC
- soldadura
- doblado de láminas
- mecanizado en torno

Estos procesos permiten adaptar los componentes al sistema, garantizando alineación, resistencia mecánica y funcionalidad.

5. Metodología.

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo mediante una metodología aplicada, estructurada en fases secuenciales que permitieron organizar el proceso de conversión de la motocicleta de manera técnica y ordenada.

5.1. Evaluación inicial del vehículo.

Se realizó una inspección general de la motocicleta con el objetivo de determinar el estado del chasis y los componentes mecánicos existentes.

Durante esta etapa se identificaron condiciones como presencia de corrosión superficial, desgaste estructural y ausencia de componentes, lo cual permitió establecer la viabilidad de la conversión a sistema eléctrico.

5.2. Restauración del chasis.

Una vez evaluado el estado del vehículo, se procedió a la restauración del chasis mediante:

- eliminación de óxido por medios mecánicos
- limpieza de superficies
- aplicación de recubrimiento protector
- mantenimiento de componentes como la suspensión



Figura 1

Remoción de óxido.



Figura 2

Corrección de cuadro de moto

Esta etapa garantizó una base estructural adecuada para la integración del sistema eléctrico, mediante correcciones de chasis y pintura.



Figura 3

Mantenimiento de suspensión.



Figura 4

Pintura al cuadro de la moto.

5.3. Selección del sistema de propulsión

Se realizó la selección de los componentes principales del sistema eléctrico, incluyendo motor, controlador y baterías, considerando criterios como:

- potencia requerida
- capacidad de corriente

- compatibilidad entre componentes
- disponibilidad y costo



Figura 5

Elementos de propulsión del prototipo.

Este proceso permitió asegurar que los elementos seleccionados trabajen de forma conjunta sin comprometer el funcionamiento del sistema.

5.4. Diseño mecánico.

Se diseñaron los soportes necesarios para la instalación del motor, baterías y otros componentes, utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD). En esta fase se consideraron aspectos como:

- alineación del sistema de transmisión
- distribución de cargas
- espacio disponible en el chasis

El diseño permitió adaptar los componentes al vehículo de forma funcional y estructuralmente segura.

5.5. Fabricación de componentes.

La fabricación de los elementos diseñados se realizó mediante procesos como:

- corte por plasma CNC
- soldadura
- doblado de platinas

- mecanizado en torno

Estos procesos permitieron obtener piezas adaptadas a las condiciones específicas del proyecto.

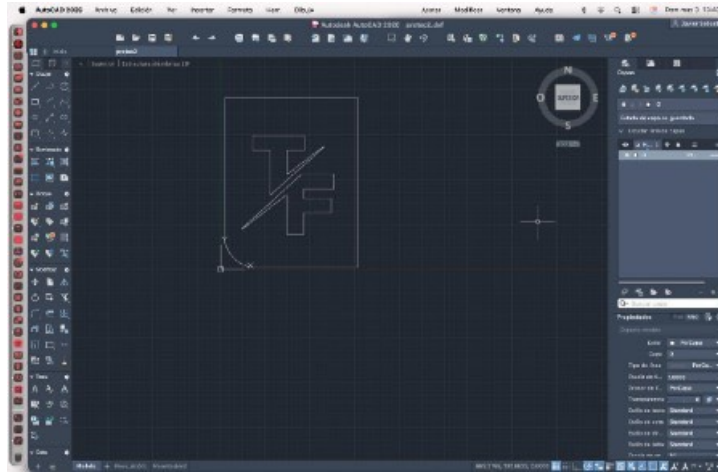


Figura 6
Diseño tapa lateral.

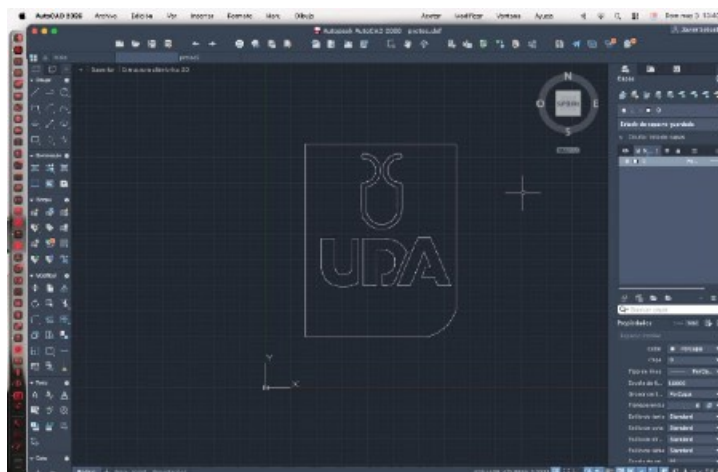


Figura 7
Diseños AutoCAD UDA.

5.6. Integración del sistema.

Se procedió a la instalación de los componentes eléctricos y mecánicos en el vehículo, incluyendo:

- montaje del motor
- instalación del sistema de baterías

- conexión del controlador
- implementación del sistema de transmisión

Se verificó la correcta alineación y funcionamiento de cada elemento, evitando desajustes que pudieran afectar el desempeño del sistema.

5.7. Pruebas experimentales.

Finalmente, se realizaron pruebas en condiciones reales de operación con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema. Durante estas pruebas se analizaron variables como:

- consumo energético
- comportamiento del sistema bajo carga
- respuesta del motor
- estabilidad general del vehículo

Los resultados obtenidos permitieron validar el funcionamiento del sistema en un entorno real.

6. Diseño y desarrollo mecánico.

6.1. Evaluación estructural del chasis.

Se realizó una inspección inicial del chasis de la motocicleta con el objetivo de determinar su estado estructural y viabilidad para la conversión a sistema eléctrico. Durante esta evaluación se identificaron condiciones como presencia de corrosión superficial, desgaste en elementos de unión y ausencia de componentes propios del sistema original de combustión.

El análisis permitió establecer que el chasis mantenía la integridad estructural necesaria, requiriendo únicamente procesos de restauración y adaptación para soportar los nuevos componentes eléctricos.

6.2. Restauración y acondicionamiento.

Se realizó una inspección inicial del chasis de la motocicleta con el objetivo de determinar su estado estructural y viabilidad para la conversión a sistema eléctrico. Durante esta evaluación se identificaron condiciones como presencia de corrosión superficial, desgaste en elementos de unión y ausencia de componentes propios del sistema original de combustión.

El análisis permitió establecer que el chasis mantenía la integridad estructural necesaria, requiriendo únicamente procesos de restauración y adaptación para soportar los nuevos componentes eléctricos.

6.3. Diseño de soportes estructurales.

El sistema de propulsión eléctrica requiere la incorporación de nuevos elementos (motor, baterías y reductor), por lo que fue necesario diseñar soportes específicos para su fijación.

El diseño se realizó considerando:

- alineación del eje de transmisión
- distribución de cargas
- resistencia mecánica
- facilidad de montaje y mantenimiento

Se emplearon herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para definir geometrías y dimensiones, permitiendo una correcta adaptación al chasis existente

6.4. Selección de materiales.

Para la fabricación de los soportes estructurales se seleccionaron materiales en función de su resistencia y disponibilidad:

- plancha de acero de 8 mm para elementos de carga
- lámina de 0,60 mm para elementos de protección y recubrimiento

La selección respondió a la necesidad de garantizar rigidez estructural sin comprometer significativamente el peso total del sistema.

6.5. Procesos de fabricación.

La fabricación de los componentes diseñados se realizó mediante los siguientes procesos:

Corte por plasma CNC:

Utilizado para obtener piezas con geometría precisa a partir de planchas metálicas.

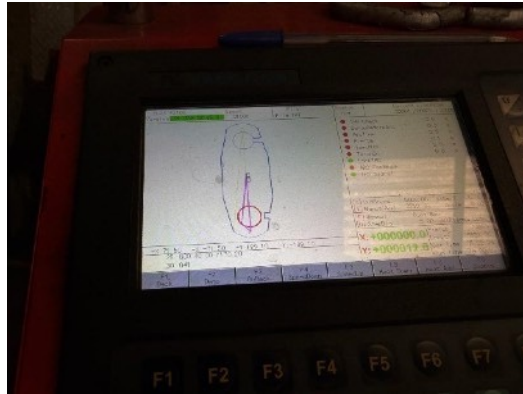


Figura 8

Visualización máquina de corte CNC.



Figura 9

Corte Base Motor.

Soldadura estructural:

Aplicada para la unión de componentes, garantizando resistencia mecánica y estabilidad del sistema.

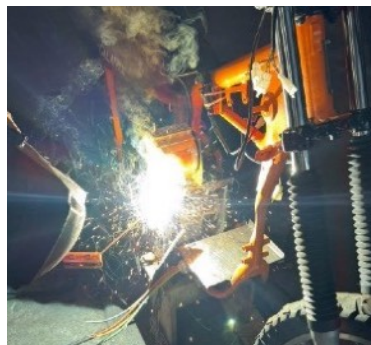


Figura 10

Soldado de bases.

Doblado de platinas:

Empleado en la fabricación de elementos de sujeción y sistemas de fijación.



Figura 11

Dobles mecanizado de soportes y bases.

Mecanizado en torno:

Utilizado para la adaptación de ejes y acople de piñones, asegurando alineación y correcto funcionamiento del sistema de transmisión.



Figura 12

Mecanizado en torno.

6.6. Integración del sistema mecánico.

Una vez fabricados los componentes, se procedió a la instalación del sistema en el chasis, incluyendo:

- montaje del motor eléctrico
- instalación del reductor
- fijación del sistema de baterías
- alineación del sistema de transmisión

Durante esta etapa se verificó la correcta posición de los componentes, evitando desalineaciones que pudieran generar pérdidas mecánicas o desgaste prematuro.

6.7. Adaptaciones adicionales.

Como parte del proceso de integración, se realizaron adaptaciones adicionales necesarias para el funcionamiento del sistema:

- acople de piñones al eje del motor y del reductor
- implementación de sistema de accionamiento de freno mediante cable
- fabricación de recubrimientos mediante lámina metálica

Estas adaptaciones permitieron complementar el sistema y asegurar su funcionalidad en condiciones reales.

Proceso Mecánico.	Aplicación.
Corte Plasma CNC.	Soportes estructurales.
Soldadura.	Unión de componentes.
Doblado.	Platinas de sujeción.
Torneado.	Acople de piñones.

Tabla 2

Procesos mecánicos.



Figura 13

Mecanizado de reductor.

7. Análisis del sistema eléctrico.

7.1. Características del sistema.

El sistema de propulsión eléctrica implementado está compuesto por un motor BLDC de 3000 W, alimentado por un sistema de baterías de 72 V y controlado mediante un controlador electrónico con capacidad máxima de 50 A.

El diseño del sistema se realizó considerando la compatibilidad entre los componentes, asegurando que todos operen dentro de rangos adecuados de voltaje y corriente, evitando condiciones de sobrecarga.

7.2. Calculo del sistema de operación.

Para determinar la corriente nominal del sistema se utilizó la relación entre potencia y voltaje:

$$I = P/V$$

Sustituyendo los valores nominales:

$$I \approx 3000/72 \approx 41.6$$

Este valor representa la corriente nominal aproximada bajo condiciones de carga, permitiendo establecer criterios para la selección del controlador y el sistema de protección.

7.3. Selección del controlador.

El controlador utilizado posee una capacidad máxima de 50 A, lo cual proporciona un margen de seguridad respecto a la corriente nominal calculada.

Este margen permite:

- soportar picos de corriente durante aceleración
- evitar sobrecargas en condiciones de alta demanda

- garantizar estabilidad del sistema

Durante las pruebas, el sistema alcanzó valores cercanos a 40 A, manteniéndose dentro de los límites del controlador.

Modo de conducción.	Corriente estimada.	Potencia.
Bajo.	15-20A	1080-1440 W
Medio.	25-30A	1800-2160 W
Alto.	35-40A	2520-2880 W

Tabla 3

Modos de manejo.

7.4. Sistema de baterías.

El sistema de almacenamiento energético está compuesto por una batería de 72 V y 30 Ah, lo que representa una capacidad total de:

$$E = V * Ah$$

$$E = 72 \times 30 = 2160 \text{ Wh}$$

El sistema cuenta con un BMS de 80 A, encargado de proteger la batería frente a sobrecorrientes, sobrecargas y desbalance de celdas, garantizando su operación segura.

7.5. Análisis del consumo energético.

Durante las pruebas experimentales se registró un consumo aproximado de:

$$\approx 45 \text{ Wh/km}$$

Este valor fue obtenido en condiciones reales de operación, considerando variaciones de carga y uso de diferentes modos de conducción.

Parámetro.	Valor.
Voltaje.	72 V
Capacidad.	30 Ah
Energía total.	2160 Wh
Consumo en prueba.	21%
Energía utilizada.	453.6 Wh
Distancia recorrida.	10 Km
Consumo específico.	45 Wh/Km
Autonomía estimada.	48 Km

Tabla 4

Consumo energético y autonomía.

7.6. Pérdidas eléctricas y calentamiento.

Durante la operación inicial del sistema se detectó calentamiento en el cableado, atribuible a pérdidas resistivas.

$$P = I^2 * R$$

Este fenómeno se produce cuando la corriente que circula por el conductor genera disipación de energía en forma de calor, especialmente cuando el cableado no posee la sección adecuada.

Para solucionar este problema, se realizó el reemplazo del cableado por conductores de mayor calibre (calibre 6), reduciendo la resistencia y mejorando la eficiencia del sistema.

7.7. Sistema de protección.

Se implementó un interruptor de protección (breaker) de 40 A con el objetivo de:

- controlar la alimentación del sistema
- evitar sobrecorrientes
- mejorar la seguridad en la operación

Adicionalmente, se identificó la necesidad de incorporar un sistema de corte general (kill switch), debido a que el controlador permanecía energizado incluso cuando el motor no se encontraba en funcionamiento.

Problema.	Solución.
Calentamiento de cables.	Cambio a AWG 6.
Falta de corte general.	Implementación de breaker.
Energización constante.	Recomendación de kill switch.

Tabla 5

Correcciones eléctricas.

7.8. Comportamiento del sistema bajo carga.

Durante las pruebas se observó que el sistema alcanzó picos de corriente cercanos a los 40 A, manteniéndose dentro de los límites del controlador.

Se evidenció que:

- el motor presenta calentamiento bajo alta carga
- el controlador mantiene estabilidad térmica
- el sistema responde de forma adecuada en los diferentes modos de conducción

Estos resultados validan la correcta selección y dimensionamiento de los componentes eléctricos.

Componente eléctrico.	Especificación de características.
Motor.	3000 W BLDC.
Voltaje.	72 V
Controlador.	50A
BMS.	80A
Batería.	30 Ah
Cargador.	72-87.6 V/ 8A (max. 750 W)

Tabla 6

Componentes eléctricos.

8. Sistema de transmisión.

8.1. Descripción del sistema de transmisión.

El sistema de transmisión tiene como función transferir la potencia generada por el motor eléctrico hacia la rueda trasera, adaptando la velocidad de rotación y el torque según las condiciones de operación del vehículo.

Debido a que el motor eléctrico opera a altas revoluciones, se requiere un sistema de reducción que permita disminuir la velocidad y aumentar el torque disponible en la rueda, mejorando el desempeño en arranque y carga.

8.2. Configuración del sistema.

El sistema de transmisión implementado está compuesto por las siguientes etapas:

- Piñón de salida del motor: 30 dientes
- Piñón de entrada al reductor: 11 dientes
- Reductor interno: relación 16:1
- Piñón de salida del reductor: 25 dientes
- Catalina (rueda trasera): 45 dientes

La transmisión se realiza mediante cadena de paso 40B.

8.3. Cálculo de la relación de transmisión.

La relación total del sistema se obtiene multiplicando las relaciones de cada etapa:

(motor → reductor):

$$= 11 / 30$$

Relación interna del reductor:

$$= 1 / 16$$

Relación etapa 2 (reductor → rueda):

$$= 25 / 45$$

Relación total:

$$RT = (11/30) \times (1/16) \times (25/45) \quad RT \approx 0.0375$$

8.4. Interpretación de la relación de transmisión.

El valor obtenido indica que la velocidad de rotación del motor se reduce aproximadamente a

un 4.1% en la rueda trasera.

Esto implica:

- reducción significativa de la velocidad angular
- incremento proporcional del torque
- mejor desempeño en arranque
- mayor capacidad de carga

8.5. Justificación del diseño.

La relación de transmisión fue seleccionada priorizando el torque sobre la velocidad, considerando:

La selección e implementación de la caja reductora respondió a la necesidad de optimizar el comportamiento dinámico del sistema de propulsión eléctrica bajo condiciones reales de operación. Durante las pruebas iniciales realizadas sin sistema reductor, el motor eléctrico alcanzaba elevadas revoluciones, permitiendo una alta velocidad angular; sin embargo, el torque disponible en la rueda trasera resultaba insuficiente para desplazar el vehículo de manera eficiente, especialmente bajo carga.

Debido a esta condición, el vehículo presentaba dificultad en el arranque y limitada capacidad para movilizar peso adicional, evidenciando la necesidad de incorporar un sistema de reducción mecánica que permitiera transformar velocidad angular en torque útil.

La incorporación de una caja reductora con relación 16:1 permitió disminuir considerablemente las revoluciones transmitidas hacia la rueda, incrementando el torque disponible y mejorando el desempeño del vehículo en arranque, pendientes y condiciones de carga elevada.

Adicionalmente, la selección de este sistema respondió a criterios de disponibilidad mecánica y limitaciones presupuestarias del proyecto, ya que el reductor utilizado se encontraba disponible dentro del entorno de fabricación. Esta decisión permitió desarrollar una solución funcional sin comprometer la viabilidad técnica del sistema.

Las pruebas realizadas evidenciaron una mejora significativa en la capacidad de carga y estabilidad del vehículo, permitiendo movilizar aproximadamente 200 kg totales en condiciones reales de operación, manteniendo un comportamiento estable y una velocidad máxima cercana a los 50 km/h. Aunque se redujo la velocidad final respecto a la configuración inicial sin reducción, el desempeño obtenido resultó más adecuado para aplicaciones urbanas y condiciones reales de uso.

8.6. Comportamiento del sistema.

Durante las pruebas se observó que:

- el vehículo presenta buena respuesta en arranque
- el sistema mantiene estabilidad bajo carga
- la velocidad máxima se encuentra alrededor de los 50 km/h

Estos resultados son coherentes con la relación de transmisión implementada.

Etapa.	Relación.
Motor a reductor.	30:10
Reductor interno.	16:1
Salida reductor a catalina rueda.	25:45
Relación total.	0.0375:1

Tabla 7

Relación de transmisión.

Etapa.	Relación.
Motor a reductor.	0.333
Reductor interno.	0.0625
Salida reductor a catalina rueda.	1.8
Relación total.	0.0375

Tabla 8

Relación de transmisión 2.

Etapa.	Relación.
Motor.	4900 rpm
Reductor entrada.	1633 rpm
Reductor salida.	102 rpm
Rueda.	184 rpm

Tabla 9

Revoluciones por minuto.

La relación de transmisión del sistema puede analizarse desde dos enfoques: la relación mecánica clásica y el factor de conversión de velocidad angular.

Desde el punto de vista clásico, la relación se determina como el cociente entre el número de dientes del elemento conductor y el conducido. Para la primera etapa (motor–reductor), se obtiene una relación de reducción aproximada de 3:1, lo que implica una disminución de velocidad y un incremento del torque transmitido.

Sin embargo, para el cálculo de las revoluciones por minuto en cada etapa, se emplea el factor inverso, correspondiente al cociente entre el número de dientes del elemento conducido y el conductor. Este enfoque permite determinar la variación real de velocidad angular en el sistema.

Aplicando este criterio a todas las etapas de la transmisión, se obtiene un factor total de aproximadamente 0.0375, lo que indica que la velocidad de salida en la rueda corresponde al 3.75% de la velocidad del motor.

Relación de transmisión:

$$RT = \frac{Z_{conductor}}{Z_{conducido}}$$

$$RT^1 = \frac{30}{10} = 3$$

$$RT^2 = \frac{16}{1}$$

$$RT^3 = \frac{25}{45} \approx 0.556$$

$$RT^{total} = 3 * \frac{1}{16} * 0.556$$

$$RT^{total} \approx 0.104$$

$$RT = \frac{Z_{conducido}}{Z_{conductor}}$$

$$RT^1 = \frac{10}{30} = 0.333$$

$$RT^2 = \frac{1}{16} = 0.0625$$

$$RT^3 = \frac{45}{25} = 1.8$$

$$RT^{total} = 0.333 * 0.0625 * 1.8 \approx 0.0375$$

9. Análisis energético.

9.1. Capacidad energética del sistema.

El sistema de almacenamiento está compuesto por una batería de 72 V y 30 Ah. La energía total disponible se determina mediante:

$$E = V * Ah$$

$$E = 72 * 30 = 2160 Wh$$

Esto representa la cantidad total de energía que puede suministrar el sistema en condiciones

ideales.

9.2. Consumo energético.

Durante las pruebas experimentales se registró un recorrido de aproximadamente 10 km, partiendo de un 93% de carga y finalizando en un 72%.

Esto representa un consumo del:

Consumo de carga:

$$93\% - 72\% = 21\%$$

Energía utilizada:

$$\text{Energía consumida} \approx 2160 \times 0.21 \approx 453.6 \text{ Wh}$$

Consumo por kilómetro:

$$\approx 453.6 / 10 \approx 45 \text{ Wh / Km}$$

Parámetro de energía.	Valor estimado en prueba.
Voltaje del sistema.	72 V
Capacidad de batería.	30 Ah
Energía total.	2160 Wh
% de consumo.	21%
Energía utilizada.	453.6 Wh
Distancia recorrida.	10 Km
Consumo específico.	45 Wh/Km

Tabla 10

Prueba energética.

9.3. Autonomía estimada.

A partir del consumo obtenido, se puede estimar la autonomía total del sistema:

$$\text{Autonomía} \approx 2160 / 45 \approx 48 \text{ Km}$$

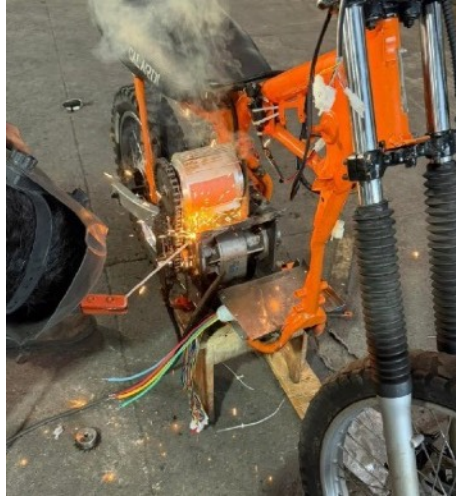


Figura 14

Adaptación caja reductora y motor.

Este valor corresponde a una estimación bajo condiciones similares a las pruebas realizadas.

9.4. Interpretación de resultados.

El consumo energético obtenido (≈ 45 Wh/km) indica un comportamiento eficiente del sistema para un vehículo liviano.

Este valor se ve influenciado por factores como:

- variación en la velocidad
- uso de distintos modos de conducción
- condiciones del terreno
- peso del sistema

9.5. Comportamiento en condiciones reales.

Durante las pruebas se observó que:

- el consumo varía en función de la exigencia del motor
- a mayor carga, mayor consumo energético
- el sistema responde de forma estable en diferentes modos de uso

Esto evidencia que el sistema no opera bajo condiciones constantes, sino dinámicas, propias de un entorno real.

9.6. Limitaciones del análisis.

Los valores obtenidos corresponden a pruebas experimentales sin instrumentación de alta precisión, por lo que pueden existir variaciones respecto a mediciones más controladas.

Sin embargo, los resultados son representativos del comportamiento real del sistema y permiten establecer una base válida para su análisis.

10.Resultados experimentales.

10.1. Condiciones de prueba.

Las pruebas del sistema se realizaron en condiciones reales de operación, considerando variaciones propias del uso normal del vehículo, como cambios de velocidad, aceleración y carga.

El recorrido de prueba fue de aproximadamente 10 km, utilizando los diferentes modos de conducción disponibles en el sistema, lo que permitió evaluar el comportamiento del vehículo en distintas condiciones de exigencia.

Parámetro de consumo energético.	Valor de consumo.
Corriente máxima.	40A
Corriente nominal.	41.6A
Consumo energético.	45 Wh/Km
Autonomía estimada.	48 Km
Velocidad máxima.	50 Km/h
Peso del sistema.	140 Kg

Tabla 11

Relación peso consumo energético.

10.2. Comportamiento eléctrico.

Durante las pruebas se registraron los siguientes resultados:

- Corriente máxima aproximada: 40 A
- Funcionamiento dentro del rango del controlador (50 A)

- Respuesta estable en los diferentes modos de conducción

Se observó que el sistema opera dentro de los límites establecidos en el diseño, sin presentar fallas eléctricas durante su funcionamiento.

10.3. Consumo energético.

El consumo energético promedio obtenido fue de aproximadamente:

$\approx 45 \text{ Wh/km}$

Este valor fue determinado a partir de la variación del nivel de carga de la batería durante el recorrido de prueba.

10.4. Comportamiento térmico.

Durante la operación del sistema se observó que:

- el motor presenta calentamiento bajo condiciones de alta carga
- el controlador mantiene una temperatura estable
- el cableado, tras la mejora de calibre, no presenta sobrecalentamiento significativo. Esto indica que el sistema opera dentro de condiciones térmicas aceptables.

10.5. Desempeño mecánico.

En términos de funcionamiento mecánico, se evidenció que:

- el sistema de transmisión responde adecuadamente
- el vehículo presenta buena capacidad de arranque
- no se detectaron fallas por desalineación o vibraciones excesivas

La relación de transmisión implementada permite un equilibrio adecuado entre torque y velocidad.

10.6. Velocidad del vehículo.

Durante las pruebas se estimó una velocidad máxima cercana a los 50 km/h, valor coherente con la configuración del sistema y la relación de transmisión utilizada.

10.7. Observaciones generales.

Durante el proceso de pruebas se identificaron aspectos relevantes:

- el sistema responde de forma progresiva según la demanda

- el consumo varía dependiendo de la exigencia del motor
- el desempeño general es estable en condiciones reales

Estas observaciones permiten validar el funcionamiento del sistema en un entorno práctico.

11. Discusión.

11.1. Análisis general del sistema.

Los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales evidencian que el sistema de propulsión eléctrica desarrollado cumple con las condiciones básicas de funcionamiento estable, tanto a nivel eléctrico como mecánico.



Figura 15

Prototipo finalizado.

La corriente de operación registrada (≈ 40 A) se mantiene dentro del rango previsto en el diseño, lo que valida la correcta selección del controlador y la compatibilidad entre los componentes del sistema.

Adicionalmente, se consideraron criterios de seguridad eléctrica durante la implementación del sistema, mediante la incorporación de un interruptor de protección (breaker), el uso de conductores de sección adecuada y la integración de un sistema de gestión de batería (BMS). Estas medidas permiten reducir el riesgo de sobrecorriente, cortocircuitos y sobrecalentamiento, garantizando un funcionamiento seguro bajo condiciones reales de operación.

11.2. Costos.

El desarrollo del presente proyecto implicó la adquisición progresiva de componentes mecánicos y eléctricos necesarios para la conversión de la motocicleta Galardi a propulsión eléctrica. Debido a que se trata de un prototipo experimental orientado al área de la electrónica automotriz y movilidad eléctrica, la selección de componentes se realizó considerando criterios técnicos, disponibilidad comercial y limitaciones presupuestarias.

Uno de los principales componentes del sistema corresponde al motor eléctrico tipo BLDC de 3000 W, adquirido mediante compra desde Estados Unidos, debido a la limitada disponibilidad de motores de estas características en el mercado nacional. De igual manera, varios elementos complementarios del sistema eléctrico fueron seleccionados tomando en cuenta compatibilidad, rendimiento y relación costo–beneficio.

Además de los componentes eléctricos, el proyecto requirió gastos asociados a procesos de restauración del chasis, fabricación de soportes estructurales, mecanizado, pintura, elementos de transmisión y adecuaciones mecánicas necesarias para la integración del sistema de propulsión eléctrica.

Es importante considerar que, al tratarse de un proyecto prototipo desarrollado con recursos limitados, algunos componentes fueron adquiridos de manera progresiva conforme avanzó el proceso de construcción. A pesar de ello, se logró mantener un enfoque técnico y funcional orientado a demostrar la viabilidad de implementar sistemas de movilidad eléctrica mediante componentes accesibles y adaptaciones aplicables al entorno automotriz.

Material	Costo
Motor BLDC 3kW	235
Impuestos entrada de motor	35
Controlador y accionadores	100
Chasis de motocicleta	250
Pintura	30
Repuestos moto	264
Placas de acero para corte	15
Piñones	70
Electrodos 6011	20
Cadena	25
Reductor 16:1	200
Disco de corte	5
Bateria 72 V 30 Ah 80 A BMS	750
Torneado de piñones	35
TOTAL	2034

Tabla 12

Costos de fabricación.

11.3. Comparación entre valores teóricos y reales.

El análisis teórico del sistema permitió estimar parámetros como consumo energético y comportamiento general. Sin embargo, durante la operación real se observaron variaciones atribuibles a condiciones dinámicas propias del uso del vehículo.

Factores como cambios de velocidad, variaciones de carga y condiciones del terreno influyen directamente en el consumo energético, lo que explica la diferencia entre valores teóricos y experimentales.

No obstante, los resultados obtenidos mantienen coherencia con lo esperado, lo que permite validar el diseño implementado.

11.4. Comportamiento energético.

El consumo energético promedio de aproximadamente 45 Wh/km indica un desempeño eficiente del sistema dentro de su categoría.

Este valor refleja un balance adecuado entre potencia disponible y demanda energética, considerando que el sistema fue diseñado priorizando torque y estabilidad sobre velocidad máxima.

11.5. Comportamiento técnico.

El análisis térmico del sistema evidencia que el motor es el componente más exigido bajo condiciones de carga, presentando incremento de temperatura durante su operación.

Por otro lado, el controlador mantiene un comportamiento estable, lo cual indica que se encuentra correctamente dimensionado para las condiciones del sistema.

La mejora en el cableado permitió reducir pérdidas resistivas, evidenciando la importancia de una correcta selección de conductores en sistemas de potencia.

11.6. Evaluación del sistema de transmisión.

La relación de transmisión implementada permitió obtener un desempeño adecuado en términos de arranque y respuesta del vehículo.

La priorización del torque sobre la velocidad resultó adecuada para las condiciones reales del proyecto, evitando sobrecarga en el motor y mejorando la estabilidad del sistema bajo diferentes niveles de exigencia.

11.7. Limitaciones del sistema.

A pesar de los resultados obtenidos, se identifican ciertas limitaciones en el desarrollo del proyecto:

- mediciones realizadas sin instrumentación de alta precisión
- estimación de velocidad sin sistema digital exacto
- variabilidad en condiciones de prueba

Estas limitaciones no afectan la funcionalidad del sistema, pero representan aspectos a mejorar en futuros desarrollos.

11.8. Validación del proyecto.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten validar el sistema de propulsión eléctrica como una solución funcional y técnicamente viable para la conversión de motocicletas.

El comportamiento del sistema bajo condiciones reales demuestra que la integración de componentes fue adecuada, cumpliendo con los criterios establecidos en el diseño.

Parámetro de autonomía	Valor Aproximado.
Potencia del motor.	3000 W
Voltaje.	72 V
Relación transmisión.	~0.10
Consumo energético.	45 Wh/Km
Autonomía.	48 Km
Velocidad máxima.	50 Km/h
Peso total.	140 Kg

Tabla 13

Autonomía.

Es importante considerar que algunos de los valores obtenidos durante las pruebas corresponden a estimaciones realizadas en condiciones reales de operación, sin el uso de instrumentación de alta precisión. En particular, la velocidad máxima fue determinada de forma empírica, lo que puede generar variaciones respecto a valores medidos con dispositivos especializados. No obstante, estos resultados son representativos del comportamiento general del sistema y permiten validar su funcionamiento.

11.9. Evaluación del prototipo fabricado

El prototipo desarrollado fue sometido a pruebas reales de funcionamiento con el objetivo de evaluar el desempeño general del sistema eléctrico y mecánico bajo diferentes condiciones de operación.

Durante las pruebas se verificó que el vehículo presenta un funcionamiento estable tanto en superficies planas como en pendientes pronunciadas, manteniendo una respuesta progresiva del

sistema de propulsión y un comportamiento adecuado en condiciones de carga.

Uno de los aspectos más relevantes observados durante la evaluación fue la mejora en la capacidad de arranque y desplazamiento obtenida mediante la implementación del sistema reductor. La configuración final permitió movilizar aproximadamente 200 kg de peso total entre vehículo y ocupantes, manteniendo estabilidad mecánica y respuesta adecuada del motor.

En términos eléctricos, el sistema operó dentro de los parámetros establecidos durante el diseño, registrando corrientes cercanas a los 40 A sin superar la capacidad nominal del controlador de 50 A. El controlador se mantuvo térmicamente estable durante las pruebas, mientras que el motor presentó incremento moderado de temperatura bajo condiciones de alta exigencia, comportamiento considerado normal para las condiciones de operación implementadas.

El sistema de protección mediante breaker de 40 A permitió incrementar la seguridad eléctrica del prototipo, sin presentarse activaciones inesperadas ni fallas relacionadas con sobrecorriente durante las pruebas realizadas.

Desde el punto de vista mecánico, no se evidenciaron problemas de desalineación, vibraciones excesivas o fallas estructurales durante la operación del vehículo. Asimismo, la transmisión por cadena y el sistema de acople mantuvieron un funcionamiento adecuado bajo diferentes niveles de carga.

Las pruebas acumuladas permitieron recorrer más de 50 km de funcionamiento general del sistema, validando la integración de los componentes eléctricos y mecánicos desarrollados durante el proyecto.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten establecer que el prototipo desarrollado cumple satisfactoriamente con las condiciones funcionales planteadas para la conversión de una motocicleta de combustión interna a propulsión eléctrica.

12. Conclusiones.

El desarrollo experimental y las pruebas realizadas permitieron validar la viabilidad técnica de la conversión de una motocicleta de combustión interna a un sistema de propulsión eléctrica, evidenciando un comportamiento funcional y estable bajo condiciones reales de operación.

- Se logró desarrollar la conversión de una motocicleta de combustión interna a un sistema de propulsión eléctrica funcional, cumpliendo con los objetivos planteados y

validando su operación en condiciones reales.

- La selección e integración de los componentes eléctricos y mecánicos resultó adecuada, permitiendo que el sistema opere dentro de rangos seguros de corriente y temperatura, sin presentar fallas críticas durante las pruebas realizadas.
- El análisis energético evidenció un consumo aproximado de 45 Wh/km, lo que permitió estimar una autonomía cercana a los 48 km, valores coherentes con el tipo de sistema implementado y las condiciones de operación.
- La relación de transmisión diseñada priorizó el torque sobre la velocidad, lo cual permitió obtener un buen desempeño en arranque y estabilidad del sistema, alcanzando velocidades aproximadas de 50 km/h.

Objetivo específico	Resultado obtenido
Evaluar el estado mecánico del chasis	Se determinó que el chasis mantenía integridad estructural adecuada para la conversión
Seleccionar componentes del sistema eléctrico	Se integró un motor BLDC de 3000 W, controlador de 50 A y batería de 72 V
Diseñar elementos mecánicos	Se desarrollaron soportes estructurales y sistema de transmisión adaptado
Fabricar componentes de acople	Se aplicaron procesos de corte CNC, soldadura y torneado
Determinar relación de transmisión	Se implementó una relación orientada a maximizar torque y estabilidad
Integrar sistema eléctrico y mecánico	Se logró el funcionamiento conjunto del sistema de propulsión
Realizar pruebas experimentales	Se validó el funcionamiento mediante pruebas reales de consumo, velocidad y estabilidad

Tabla 14

Cumplimiento de objetivos.

- Se identificaron problemas iniciales, como el calentamiento del cableado debido a una sección insuficiente, los cuales fueron corregidos mediante la selección de conductores de mayor calibre, evidenciando la importancia del dimensionamiento adecuado de los componentes eléctricos.
- El sistema presentó un comportamiento térmico estable en el controlador, mientras que el motor mostró incremento de temperatura bajo alta carga, lo cual se considera normal dentro de las condiciones de operación.
- Las pruebas experimentales permitieron validar el funcionamiento del sistema en condiciones reales, demostrando que la conversión es técnicamente viable y funcional.
- Se identificaron limitaciones en la precisión de las mediciones y en la instrumentación utilizada, lo cual representa una oportunidad de mejora para futuros desarrollos.
- El proyecto permitió aplicar conocimientos de diseño mecánico, sistemas eléctricos y procesos de manufactura en un caso real, consolidando una experiencia práctica en el desarrollo de soluciones de movilidad eléctrica.

13. Recomendaciones.

- Implementar un sistema de corte general (interruptor principal o *kill switch*) que permita desenergizar completamente el sistema, evitando que el controlador permanezca alimentado cuando el vehículo no se encuentra en uso.
- Incorporar instrumentación más precisa para la medición de variables como velocidad, corriente y consumo energético, con el fin de obtener datos más exactos y mejorar el análisis del sistema.
- Optimizar el sistema de transmisión mediante la evaluación de diferentes relaciones, dependiendo del tipo de uso del vehículo (urbano, carga o velocidad), con el objetivo de mejorar su desempeño.
- Implementar un sistema de ventilación o enfriamiento adicional para el motor, especialmente en condiciones de alta carga, con el fin de mejorar su comportamiento térmico y prolongar su vida útil.
- Realizar un estudio más detallado del sistema de baterías, considerando aspectos como ciclos de carga, eficiencia y degradación, para optimizar su uso a largo plazo.

- Mejorar el sistema de protección eléctrica mediante la integración de dispositivos adicionales, como fusibles específicos o sistemas de monitoreo, que permitan una mayor seguridad en la operación.
- Evaluar la reducción de peso del sistema mediante el uso de materiales alternativos o rediseño de componentes, con el fin de mejorar la eficiencia energética y el desempeño general del vehículo.
- Desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita visualizar parámetros de operación del vehículo, facilitando el control y diagnóstico del sistema.
- Estandarizar el diseño de los soportes y componentes mecánicos para facilitar su replicabilidad en proyectos similares.

14. Lista de referencias

- Bosch. (2014). Bosch automotive handbook (9.^a ed.). Wiley.
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles (3rd ed.). CRC Press.
- Hughes, A., & Drury, B. (2019). Electric motors and drives: Fundamentals, types and applications (5th ed.). Elsevier.
- Larminie, J., & Lowry, J. (2012). Electric vehicle technology explained (2nd ed.). Wiley.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (Eds.). (2011). Linden's handbook of batteries (4th ed.). McGraw-Hill.
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). Power electronics: Converters, applications, and design (3rd ed.). Wiley.