



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja.**

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos  
Naturales no Renovables.**

**Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

**Estudio de dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico en rueda  
para una motocicleta**

Trabajo de Titulación, previo a la  
obtención del Título de Ingeniero  
Mecánico Automotriz.

**AUTOR:**

Cesar Alejandro González Herrera

**DIRECTOR:**

Ing. Erik René Tapia Viñán, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 22 de noviembre del 2024

Ing. Erik René Tapia Viñán, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Estudio de dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico en rueda para una motocicleta”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, de la autoría del estudiante **Cesar Alejandro González Herrera** con **cédula de identidad Nro.1150159133**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



do electrónicamente por:

EIK RENE TAPIA VINAN

Ing. Erik René Tapia Viñán, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Cesar Alejandro González Herrera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Identificación por:  
**CESAR ALEJANDRO  
GONZALEZ HERRERA**

### **Firma**

**Cédula de Identidad:** 1150159133

**Fecha:** 22 de noviembre de 2024.

**Correo electrónico:** [cesar.a.gonzalez@unl.edu.ec](mailto:cesar.a.gonzalez@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0979719372

**Carta de autorización por parte del autor, para la consulta, de reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo **Cesar Alejandro González Herrera**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Estudió de dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico en rueda para una motocicleta** como requisito para optar el título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repertorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de octubre del dos mil veinticuatro.



**Firma**

**Autor:** Cesar Alejandro González Herrera

**Cédula:** 1150159133

**Dirección:** ~~Celi Roman~~, ~~Pedro falcony~~ y ~~Ramon burneo~~

**Correo electrónico:** [cesar.a.gonzalez@unl.edu.ec](mailto:cesar.a.gonzalez@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0979719372

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Erik René Tapia Viñán, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Mi trabajo de Titulación se la dedico primeramente a Dios por haberme guiado, darme sabiduría y fortaleza durante este trayecto universitario, llenándome de bendiciones a lo largo de mi vida.

A mi familia, a mis padres Bethi y Cesar, quienes han sido la base fundamental de mi formación como persona, hijo, compañero y alumno, mediante esta investigación pretendo recompensar todo el esfuerzo que han realizado para poderme brindar la posibilidad de alcanzar mis sueños.

A mi hermana por su apoyo emocional para no ceder ante los diversos problemas, su cariño y por siempre incentivarne a ser una mejor persona, A mi Abuelita Esperanza por siempre apoyarme a culminar mis estudios, a mi Tía Jakeline por su apoyo y sus consejos de no rendirme, a mi novia quien ha estado brindándome su apoyo incondicional en todo momento.

Para todos ellos va dedicada esta investigación con mucho cariño, amor y respeto.

**Cesar Alejandro González Herrera**

## **Agradecimiento**

Primeramente, me gustaría agradecer a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y salud para poder cumplir mis sueños, metas y haber guiado mi camino a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis padres Bethi y Cesar, A mi Abuelita esperanza quienes han hecho un gran esfuerzo para mantenerme en el camino de Dios y poderme ayudar para lograr alcanzar mis estudios universitarios,

Agradezco a mis docentes quienes han sabido formar a una persona, a un profesional siempre apoyando e incentivando a ser una mejor persona y un mejor profesional. A mi tutor el Ing. Erik René Tapia Viñán, Mg. Sc., por haberme guiado y brindarme su apoyo y transmitir sus conocimientos para mi formación como estudiante y profesional.

**Cesar Alejandro González Herrera**

## INDICE

Portada .....	i
Certificación.....	ii
Autoría .....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de contenido.....	vii
Indice de tablas .....	xii
Indice de figuras.....	xiii
Indice de anexos.....	xv
1 Titulo .....	1
2 Resumen .....	2
Abstract .....	3
3 Introducción .....	4
4 Marco Teórico.....	6
4.1 Vehículos Eléctricos.....	6
4.2 Motocicletas eléctricas .....	7
4.2.1 Partes de una Moto Eléctrica .....	9
4.2.2 ¿Los vehículos eléctricos son 100 % sostenibles? .....	11

4.2.3	¿Cómo funciona una moto eléctrica?.....	11
4.2.4	¿Cómo calcular la equivalencia entre caballos de fuerza de un motor de combustión interna a watt de potencia de un motor eléctrico? .....	12
4.3	Motores en Motocicletas Eléctricas .....	13
4.4	Norma IEC 60034-1 .....	14
4.5	Clasificación de los Motores Eléctricos en Rueda.....	15
4.5.1	Motores de Cubo de Rueda.....	16
4.5.2	Motores de CC sin escobillas.....	16
4.6	Principios de Funcionamiento del Motor Eléctrico en Rueda en una Motocicleta .....	17
4.7	Potencia .....	18
4.8	Energía en Rueda .....	20
4.9	Torque .....	21
4.10	Ecuaciones de la Dinámica Longitudinal.....	21
4.10.1	Fuerza de Tracción ( $F_x$ ).....	22
4.10.2	Fuerza de resistencia aerodinámica ( $F_d$ ).....	23
4.10.3	Resistencia a la Rodadura ( $R_x$ ).....	23
4.10.4	Resistencia a la Pendiente ( $R_g$ ).....	24
4.10.5	Resistencia a la Inercia ( $R_i$ ) .....	25
4.10.6	Consumo de Energético Teórico.....	25
4.11	Tipos de Corriente en Motores Electricos.....	26
4.11.1	Corriente Continua (CC/DC) .....	26
4.11.2	Corriente Alterna (CA o AC).....	29

4.12	Batería .....	31
4.13	Controlador de Voltaje .....	31
4.14	Impacto Ambiental y Ciclo de Vida de las Motocicletas Eléctricas .....	32
5	Metodología .....	34
5.1	Flujograma del Proceso.....	34
5.2	Equipos e instrumentos .....	35
5.2.1	Software y Programas .....	35
5.3	Cálculo de la masa aproximada de la motocicleta .....	36
5.4	Monitorización de variables .....	37
5.5	Variables Adicionales Necesarias para el Estudio .....	38
5.5.1	Radio de Rodadura Dinámico.....	38
5.5.2	Densidad del aire.....	38
5.5.3	Área frontal.....	39
5.5.4	Coefficiente de Resistencia Aerodinámico (cd).....	40
5.5.5	Coefficiente de Resistencia a la Rodadura (fr).....	40
5.6	Obtención de la Pendiente mediante la herramienta en línea GPS Visualizer.....	41
5.7	Pendiente de la Ruta de viaje .....	42
5.8	Ciclos de Conducción.....	42
5.9	Diferencias Mínimas Ponderadas (MWD-CP).....	44
5.9.1	Ciclo Típico de conducción .....	45
5.9.2	Ciclo Critico de conducción.....	46

5.10	Dimensionamiento del Motor.....	47
5.10.1	Características del Motor .....	48
5.11	Empleo del software Expert Choice para caracterizar el motor.....	51
5.11.1	Factores a tener en cuenta antes de las pruebas y la obtención de los resultados...	57
5.11.2	Identificación de Pines.....	58
5.11.3	Componentes de la motocicleta.....	62
5.12	Armado de la Motocicleta.....	64
5.13	Circuito medidor de corriente .....	66
5.14	Modelado Matemático.....	69
5.14.1	Perfil de Conducción.....	70
5.14.2	Vehículo.....	72
6	Resultados .....	76
6.1	Resultado del Análisis en Expert Choice .....	76
6.2	Consumo de Energía de la motocicleta en rueda .....	77
6.3	Consumo de Energía de la motocicleta.....	77
6.4	Consumo de Corriente del Motor.....	79
6.5	Consumo de Voltaje de Batería.....	80
6.6	Potencia.....	81
6.7	Resultados obtenidos de la simulación.....	82
7	Discusión.....	83
8	Conclusiones .....	84

9	Recomendaciones.....	85
10	Bibliografía.....	86
11	Anexos.....	92

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesos determinados de la motocicleta .....	36
Tabla 2. Variables necesarias para el estudio .....	40
Tabla 3. Características del Motor Super Soco TSX .....	48
Tabla 4. Características del Motor Super Soco TS50 (TS1200).....	49
Tabla 5. Características del Motor Super Soco TC50 (TC1500).....	50
Tabla 6. Diagrama del Cableado del Controlador .....	59
Tabla 7. Pines del Cableado de la batería .....	60
Tabla 8. Descripción de los Pines del Panel de Instrumentos.....	61
Tabla 9. Matriz Morfológica.....	62
Tabla 10. Consumo de Energía Positiva del Viaje .....	77
Tabla 11. Resultados de la investigación.....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motocicleta Eléctrica Belga Socovel.....	7
Figura 2. Peugeot Scoter Eléctrico 1996.....	8
Figura 3. Harley-Davidson LiveWire 2018 .....	9
Figura 4. Motor In-Wheel.....	13
Figura 5. Fuerzas que se Oponen al Movimiento .....	22
Figura 6. Excitación Independiente .....	27
Figura 7. Excitación serie .....	27
Figura 8. Excitación derivación (Shunt).....	28
Figura 9. Excitación Compuesta (Compound).....	29
Figura 10. Flujograma del proceso de desarrollo de la metodología .....	34
Figura 11. Ruta de Viaje del Vehículo.....	37
Figura 12. Obtención del área de la moto mediante el software ImageJ .....	39
Figura 13. Convertidor de GPS Visualizer .....	41
Figura 14. Pendiente de la ruta de viaje.....	42
Figura 15. Ciclo de conducción .....	43
Figura 16. Promedio Ponderados.....	45
Figura 17. Ciclo Típico de conducción.....	46
Figura 18. Ciclo Critico de conducción .....	47
Figura 19. Introducción del objetivo del modelo.....	52
Figura 20. Introducción Alternativas .....	52
Figura 21. Criterios de Valorización para los Motores.....	53
Figura 22. Botón comparaciones numéricas .....	54
Figura 23. Comparaciones numéricas entre criterios.....	55
Figura 24. Comparaciones numéricas entre subcriterios .....	55
Figura 25. Comparaciones numéricas entre alternativas .....	56
Figura 26. Botón síntesis de resultados.....	57
Figura 27. Maqueta para obtención de datos .....	58
Figura 28. Controlador y sus conexiones.....	59
Figura 29. Cable de alimentación de batería.....	60
Figura 30. Socket del Panel de instrumentos .....	61
Figura 31. Estructura del chasis y elementos complementarios .....	65
Figura 32. Maqueta del motor electricos y componentes electrónicos .....	65
Figura 33. Circuito medidor de corriente.....	66
Figura 34. Sensor de corriente ACS712 .....	67
Figura 35. Arduino Nano V3.0 CH340.....	68
Figura 36. Modulo MicroSD.....	68
Figura 37. RTC (Real Time Clock) .....	69
Figura 38. Modelo matemático creado con Simulink.....	70
Figura 39. Modelo del bloque Perfil de Conducción .....	71
Figura 40. Modelo del bloque Vehículo.....	72
Figura 41. Modelo del bloque fuerzas .....	73

Figura 42. Modelo del bloque Calculo de Potencia, Par y Consumo Energético .....	74
Figura 43. Resultado de Análisis en Expert Choice.....	76
Figura 44. Consumo Energético de la Motocicleta.....	78
Figura 45. Consumo Corriente del Motor vs Tiempo.....	79
Figura 46. Consumo de Voltaje de Batería vs Tiempo.....	80
Figura 47. Potencia vs Tiempo .....	81

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ensamble de la motocicleta eléctrica.....	92
Anexo 2. Programación en Matlab.....	93
Anexo 3. Inicio de la Ruta.....	97
Anexo 4. Fin de la Ruta.....	98
Anexo 5. Captura de Base de Datos.....	98
Anexo 6. Certificado de Traducción .....	99

## **1 Título**

Estudio de dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico en rueda para una motocicleta

## 2 Resumen

El presente proyecto desarrollado se basa en el análisis de la demanda energética y selección de un motor eléctrico para la implementación y culminación de una motocicleta eléctrica por parte de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja, ya que el transporte a lo largo de la última década tiene una tendencia hacia la utilización de energías renovables debido a sus notables atributos de eficiencia energética y huella ambiental mínima.

El dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico de imanes permanentes, se basa en un modelo matemático mediante la utilización de software de programación MATLAB, basados en su extensión de Simulink con la finalidad de caracterizar el funcionamiento de una moto eléctrica en condiciones normales, posteriormente el proceso de selección del motor eléctrico para las pruebas experimentales se tomó como referencia las diferentes características, disponibilidad del mercado y costos finales mediante la aplicación de Expert Choice; el mismo que nos dio como resultado un motor eléctrico óptimo, basado en la condiciones de funcionamiento requeridos y costos de implementación.

Finalmente para la validación de resultados se realizó el armado de todos los componentes de una moto eléctrica, para lo cual se procedió a realizar rutas de prueba y seleccionar un ciclo de manejo típico; por lo cual las diferentes validables como; velocidad, longitud y altitud se monitorio a través de la aplicación torque PRO, con el propósito de determinar el consumo energético, potencia requerida en tiempo real, dando resultado de la investigación tenemos que el consumo de corriente es de 35.5 A, la potencia es de 0.073 kw, el consumo energético es de 0.08081 kwh o 80.81 Wh/km, correspondiente a un ciclo critico de conducción, donde la resistencia por pendiente fue mayor con un 46.84%, con una velocidad máxima de 41.58 km/h y con una autonomía de 28.3 km.

**Palabras claves:** *Motor eléctrico, ciclo de conducción, consumo energético, modelo matemático, batería.*

## Abstract

This project is based on the analysis of energy demand and selection of an electric motor for the implementation and completion of an electric motorcycle by students of the National University of Loja, since transportation over the last decade has a trend towards the use of renewable energy due to its remarkable attributes of energy efficiency and minimal environmental footprint.

The sizing and characterization of a permanent magnet electric motor is based on a mathematical model using MATLAB programming software, based on its Simulink extension in order to characterize the operation of an electric motorcycle under normal conditions, then the selection process of the electric motor for the experimental tests was taken as reference the different characteristics, market availability and final costs through the application of Expert Choice; the same that gave us as a result an optimal electric motor, based on the required operating conditions and implementation costs.

Finally for the validation of results, the assembly of all components of an electric motorcycle was performed, for which we proceeded to perform test routes and select a typical driving cycle; for which the different variables such as; speed, length and altitude were monitored through the torque PRO application, in order to determine the energy consumption, power required in real time, giving result of the research we have that the current consumption is 35.5A, the power is 0.073 kw, the energy consumption is 0.08081 kwh or 80.81 Wh/km, corresponding to a critical driving cycle, where the slope resistance was higher with 46.84%, with a maximum speed of 41.58 km/h and a range of 28.3 km.

**Key words:** *electric motor, driving cycle, energy consumption, mathematical model, battery.*

### 3 Introducción

Debido a la creciente demanda del parque automotor en la ciudad de Loja, se ha visto imprescindible la utilización de energías renovables para la propulsión de vehículos y motocicletas. A principios del siglo XX competían en el mercado tres tipos de automóviles: eléctricos, de vapor y de gasolina; después de poco más de diez años, estuvieron dominados por automóviles a gasolina.

Actualmente los transportistas son los responsables de aproximadamente el 50% de contaminación total del planeta es un gran número el problema de la contaminación ambiental.

Según (Palacios & Vinuesa, 2012). Las emisiones de CO de una motocicleta con un motor de combustión interna superan a las del resto de vehículos ya que las motocicletas emanan 16,11 gr/km en comparación con los vehículos particulares que es de 5,16 gr/km, los buses 14,63 gr/km y los taxis 5,16 gr/km para estos datos se tiene como referencia una motocicleta de 125cc. y un vehículo de 1500cc.

Desde el 2011 al 2020, según La Asociación de Empresas Automotrices de Ecuador (AEADE, 2020), el incremento de motocicletas representa un 32,2 % del parque automotor total, si consideramos a este tipo de transporte como una fuente móvil de emisiones de gases contaminantes, es importante determinar el porcentaje de emisiones que producen. de carbono porque es un gas el efecto invernadero, que contribuye al calentamiento global.

Las altas concentraciones de gases contaminantes presentes en el medio ambiente es una de las principales causantes de enfermedades respiratorias en niños y ancianos debido a su exposición. En función del análisis del actual parque automotor nos proporciona la presente problemática enfocado al desarrollo del proyecto enfocado a contribuir con la demanda de

fuentes de transporte basados en energías renovables y bajos índices de contaminación ambiental. El tipo de transporte de motocicletas, al ser un vehículo de bajo costo de adquisición y bajo costo de consumo ha generado un crecimiento de la oferta en el mercado.

La problemática del incremento de motocicletas en el la ciudad son los accidentes de tránsito por falta de destreza y exceso de velocidad, según estadísticas del Municipio de Loja de “enero-agosto de 2022 se han registrado 65 accidentes de tránsito de motocicletas” (Diaz & Y, 2022) Todo esto demuestra que los problemas causados por la contaminación ambiental y los accidentes pueden mitigar basados en soluciones factibles, prácticas y rentables, la misma que se basa en la generación de industrias para motocicletas eléctricas basados en las siguientes ventajas de un motor eléctrico:

- Bajo índice de generación de gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono, etc.
- Velocidad de circulación menores a los 60 kilómetros por hora (a menor velocidad menor el riesgo de accidentes).
- Consumo optimo en carga eléctrica contra un consumo regular de gasolina y costes de mantenimiento.

## 4 Marco Teórico

### 4.1 Vehículos Eléctricos

La creación de los primeros vehículos eléctricos en el siglo XIX marcó el inicio de una transformación en la movilidad, siendo concebidos como una alternativa limpia y sostenible frente a los vehículos de combustión. Estos vehículos presentan un sistema de cero emisiones y menores costos de mantenimiento, posicionándose hoy como una opción eficiente en redes de transporte público electrificado en varias ciudades europeas (Zagorodny L. , 2023)

La tecnología de vehículos eléctricos ha avanzado significativamente, desarrollando diversos tipos que se adaptan a diferentes necesidades energéticas y de autonomía (Montecelos, 2019, pág. 3) clasifica los tipos de vehículos eléctricos actuales, describiendo su configuración técnica:

- BEV (Battery Electric Vehicle): Vehículos completamente eléctricos que operan exclusivamente con motores eléctricos, los cuales se recargan conectándose a la red eléctrica.
- HEV (Hybrid Electric Vehicle): Vehículos híbridos que integran un motor de combustión y uno o más motores eléctricos, con baterías que se recargan de manera autónoma durante el funcionamiento del vehículo.
- PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle): Estos híbridos combinan un motor de combustión y un motor eléctrico, siendo necesario conectarlos a la red eléctrica para recargar sus baterías.
- EREV (Extended-Range Electric Vehicle): Vehículos eléctricos que emplean un motor de combustión únicamente como generador, aumentando la autonomía del motor eléctrico sin afectar su operación cero emisiones. Algunos modelos son enchufables.

- FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle): Estos vehículos están equipados con celdas de hidrógeno que alimentan un motor eléctrico, representando una opción sin emisiones y completamente eléctrica. BEV, vehículo 100% eléctrico, emplea uno o más motores eléctricos, estos se alimentan de la red eléctrica.

## 4.2 Motocicletas eléctricas

El concepto de la motocicleta eléctrica surgió alrededor de 1860, y cinco años después, Ogden Bolton Jr. solicitó la patente de una bicicleta eléctrica, precursora de la motocicleta eléctrica moderna. En 1897, durante el Stanley Cycle Show, la empresa Humber presentó un prototipo de bicicleta eléctrica con motor y baterías, una idea que en aquel momento fue vista como excéntrica y quedó en el olvido (Quesada, C., & A., 2019)

La historia de la motocicleta eléctrica incluye ejemplos como el de los hermanos Limelette, quienes produjeron unas 400 motocicletas eléctricas en 1948 a través de su empresa Socovel, como respuesta a la escasez de combustible durante la Segunda Guerra Mundial en Bélgica (Barraza, 2022)

### Figura 1.

*Motocicleta Eléctrica Belga Socovel*



*Nota.* Motocicleta fabricada por los hermanos Limelette. Tomada de Luis,2013, (p.2).

Un avance significativo llegó en 1996 con el Peugeot Scoot'Elec, el primer scooter eléctrico de producción masiva. Este modelo contaba con tres baterías de Cadmio-Níquel recargables, con una velocidad máxima de 45 km/h y una autonomía de 40 kilómetros. (MOTOCYCLES, 2001)

**Figura 2.**

*Peugeot Scooter Eléctrico 1996*



*Nota.* Representación de una moto Scooter eléctrico del año 1996 fabricada por la compañía Peugeot. Tomada de “El Peugeot Scoot'elec cumple 25 años” [Fotografía], Antonio, 2021, <https://solomoto.es/el-peugeot-scootelec-cumple-25-anos/>.

Y un caso actual para tener en conocimiento del desarrollo de las motos eléctricas se encuentra de la primera moto Harley-Davidson eléctrica, que fue presentada en el año 2018 en salón Eicma de Milán. (Europa Press, 2018)

Entre las características de Harley Davidson LiveWire destaca la aceleración de 0-100 km/h en 3,5 segundos y el par motor instantáneo de la hélice se llama Revelación de H-D. Harley

lo llamó facilidad de uso una moto eléctrica como la Twist and Go porque tu moto no la tiene sin embrague ni caja de cambios. (Bonettomotos, 2019)

### **Figura 3.**

*Harley-Davidson LiveWire 2018*



*Nota.* Primera motocicleta eléctrica de Harley-Davidson del año 2018. Tomada de “La moto que marcará el futuro de la marca” [Fotografía], Bonettomotos, 2019, <https://www.moto1pro.com/actualidad/harley-davidson-livewire-precio-y-especificaciones>.

#### **4.2.1 Partes de una Moto Eléctrica**

Los motores eléctricos sin escobillas, conocidos como brushless, son cada vez más comunes en motocicletas modernas por su eficiencia y durabilidad. Este tipo de motor se diferencia de los de escobillas tradicionales porque elimina el desgaste constante que sufrían las escobillas debido al contacto continuo. Funciona a través de electroimanes controlados electrónicamente, lo que permite un rendimiento suave y fiable, además de reducir la necesidad de mantenimiento regular. Estos motores, al operar sin fricción interna significativa, permiten una respuesta rápida y precisa en el control de velocidad y torque, lo que los hace ideales para vehículos como motocicletas (Navalon, 2018)

En el motor brushless, el estator y el rotor son sus componentes principales. El estator, la parte fija, contiene los bobinados que crean campos magnéticos cuando reciben corriente. Estos campos interactúan con el rotor, que es la parte móvil del motor y suele tener imanes permanentes. A través de un sistema de control electrónico, el motor cambia rápidamente la polaridad en los bobinados del estator para hacer girar el rotor en la dirección deseada. Esto resulta en una aceleración suave y controlada, crucial para la maniobrabilidad y estabilidad de una motocicleta en movimiento (Matevosyan, 2021)

El estator es la parte fija del motor y está compuesto por materiales magnéticos y conductores eléctricos que generan el campo magnético necesario para el funcionamiento. Por otro lado, el rotor es la parte móvil y está formado por imanes y un embobinado de cobre. Este diseño permite que los imanes del rotor interactúen con el campo magnético generado por el estator, produciendo el movimiento rotacional que impulsa el vehículo (Borja & J., 2022)

Además de estos elementos principales, los motores eléctricos en motocicletas incluyen otros componentes que optimizan su desempeño:

**Cojinetes:** Facilitan el giro del rotor dentro del estator, reduciendo la fricción y permitiendo un movimiento suave.

**Carcasa:** Protege las partes internas del motor contra daños externos y contaminación.

**Devanados:** Son las bobinas de alambre tanto en el estator como en el rotor que contribuyen a la generación de los campos magnéticos.

**Conmutador:** Cambia la dirección de la corriente en el rotor, lo que permite el funcionamiento continuo del motor.

**Escobillas:** Aunque los motores brushless carecen de escobillas, en otros motores las escobillas de grafito conectan eléctricamente al conmutador, facilitando el flujo de corriente.

Cada uno de estos componentes contribuye al funcionamiento eficaz del motor, ofreciendo un rendimiento óptimo y una mayor durabilidad, lo que resulta esencial en las motocicletas eléctricas para reducir el mantenimiento y mejorar la experiencia de conducción. (Portal, 2021)

#### ***4.2.2 ¿Los vehículos eléctricos son 100 % sostenibles?***

Los vehículos eléctricos destacan por su baja contaminación ambiental en comparación con los de combustión. Son considerablemente más silenciosos, no emiten gases de escape y son más eficientes en entornos urbanos, donde la conducción intermitente es común debido al tráfico. Esta eficiencia se debe a que los motores eléctricos consumen menos energía en situaciones de arranque y parada frecuentes, contribuyendo así a reducir el impacto ambiental del transporte. (GREENPEACE, 2018, pág. 7)

Aunque los vehículos eléctricos minimizan la emisión de gases contaminantes durante su uso, su sostenibilidad total depende de otros factores, como la extracción y reciclaje de materiales para sus baterías y la fuente de energía utilizada para su recarga. Así, el impacto ambiental completo de estos vehículos incluye tanto las ventajas en su operación diaria como los retos asociados a su ciclo de vida.

#### ***4.2.3 ¿Cómo funciona una moto eléctrica?***

En las motocicletas eléctricas, el motor se alimenta de una batería en lugar de utilizar combustibles fósiles. Esta batería transfiere energía al motor eléctrico, que la convierte en

movimiento para impulsar la motocicleta. Además de eliminar el consumo de gasolina, este sistema suprime la emisión de contaminantes y reduce significativamente el ruido. (AR Motos electricas , 2021)

Según (AR Motos electricas , 2021) las principales diferencias entre una motocicleta que trabaja con gasolina y una que trabaja con electricidad son:

**Ausencia de combustible fósil:** No necesita gasolina ni aceite para operar.

**Rentabilidad:** Las motocicletas eléctricas requieren menor mantenimiento y son más económicas en términos de uso diario.

**Impacto ambiental reducido:** Las baterías son reciclables y no emiten sustancias nocivas al medio ambiente.

**Conducción más suave:** Al no producir ruidos ni vibraciones significativas, el motor eléctrico brinda una experiencia de conducción más cómoda.

**Diseño simplificado:** Las motocicletas eléctricas tienen menos piezas, lo que reduce la posibilidad de averías y elimina la necesidad de cambios de marcha; la velocidad aumenta en función de la potencia del motor.

Este conjunto de características hace que las motocicletas eléctricas representen una alternativa práctica y ecológica frente a las tradicionales.

#### ***4.2.4 ¿Cómo calcular la equivalencia entre caballos de fuerza de un motor de combustión interna a watt de potencia de un motor eléctrico?***

En los motores eléctricos, la potencia se mide en vatios (W), a diferencia de los motores de combustión, donde se utiliza el caballo de fuerza (HP). Para calcular la equivalencia, se toma

en cuenta que 1 HP equivale a 745,7 W. Esto permite realizar conversiones entre ambas unidades cuando se compara un motor eléctrico con uno de combustión interna. Además, para obtener la equivalencia en cilindrada (cc), se considera que 1 HP es aproximadamente igual a 16 cc, por lo que 745,7 W equivalen a 16 cc. Esta relación facilita una comparación directa de potencia y rendimiento entre distintos tipos de motores. (AR Motos electricas , 2021)

### **4.3 Motores en Motocicletas Eléctricas**

Los motores en serie son los más utilizados, ya que desarrolla gran torque en bajas revoluciones, su nombre se debe a que su devanado de campo está conectado en serie con el inducido. Este motor aprovecha su inversión de giro para actuar como generador y cargar las baterías.

Los motores eléctrico In-Wheel ver figura 4, permiten un centro de gravedad bajo, un manejo de alto rendimiento y cualidades de conducción suaves. Se incorporan en el eje de una rueda y lo propulsa directamente, se encuentran generalmente en bicicletas y Scooter, aunque se han incorporado en automóviles y motocicletas. El ajuste fino de los niveles de par del motor de las ruedas proporciona un control de tracción de respuesta dinámica y una estabilidad longitudinal elevadas. (Miller, 2004)

Algunas ventajas:

- Reducen el peso del vehículo al combinar los componentes en una unidad conjunta.
- No se enfrentan a restricciones en cuanto a las rpm.
- No hay restricciones en cuanto a la forma del vehículo.
- La eficiencia del motor/controlador es excepcionalmente alta.

**Figura 4.**

## Motor In-Wheel



*Nota.* Motor In-Wheel de tipo síncrono, componentes del motor. Tomada de “In-wheel Motor for Solar Electric Vehicles: Challenges and Opportunities” [Fotografía], Anupam Kumar, 2019, (p.5).

### 4.4 Norma IEC 60034-1

La norma IEC 60034-1, desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional, establece criterios técnicos fundamentales para definir y evaluar el rendimiento de los motores eléctricos. Esta norma clasifica los motores según especificaciones como la potencia nominal, el número de polos, la tensión y frecuencia nominal, la clase de aislamiento, el método de refrigeración y el tipo de servicio. Estas características permiten que los motores operen de manera eficiente y segura en condiciones específicas, asegurando un nivel mínimo de calidad que es esencial para aplicaciones tanto industriales como en movilidad eléctrica, como en el caso de motocicletas. (WEG MOTORS, 2023)

Los procedimientos de prueba especificados en la norma IEC 60034-1 incluyen la medición de parámetros clave, como la corriente, el voltaje, la potencia y la velocidad, y el control de la temperatura y la resistencia de las bobinas. Estas pruebas permiten verificar que el motor funcione correctamente dentro de los parámetros de diseño y tolerancias de seguridad. Además, se evalúan aspectos como la eficiencia mínima, el factor de potencia y la corriente de arranque, los cuales deben cumplir con valores mínimos establecidos. Estos parámetros de rendimiento aseguran que los motores utilicen la energía de manera óptima, reduciendo el desperdicio energético y garantizando la durabilidad en condiciones de operación continua (Madiouni, 2023)

La norma también define requisitos mínimos de eficiencia y seguridad, lo que contribuye a la sostenibilidad del motor, al reducir la necesidad de reemplazo frecuente y optimizar el consumo energético. En el ámbito de la movilidad eléctrica, el cumplimiento de esta norma es fundamental para maximizar la autonomía de vehículos como las motocicletas eléctricas, ya que minimiza las pérdidas de energía y asegura un funcionamiento confiable. Asimismo, facilita la implementación de tecnologías como el frenado regenerativo, que contribuyen a una mayor eficiencia energética y a un menor impacto ambiental, reforzando el compromiso hacia un transporte sostenible y de bajo mantenimiento.

#### **4.5 Clasificación de los Motores Eléctricos en Rueda**

Los motores eléctricos integrados en las ruedas, o motores en rueda, se han convertido en una solución popular para vehículos eléctricos debido a su diseño compacto y eficiencia. Este tipo de motores se puede clasificar en dos categorías principales: los motores de cubo de rueda y los motores de corriente continua sin escobillas (BLDC). Ambos tipos están diseñados para

integrarse directamente en la rueda, lo cual permite una tracción más eficiente y un centro de gravedad más bajo, mejorando la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo. (Carey, 2021)

#### ***4.5.1 Motores de Cubo de Rueda.***

**4.5.1.1 Motores de Cubo Directo (Direct-drive).** Estos motores están acoplados directamente al eje de la rueda, eliminando la necesidad de un sistema de transmisión adicional. Debido a su diseño directo, suelen ser más silenciosos y requieren menos mantenimiento, ya que tienen menos piezas móviles. Sin embargo, tienden a ser más pesados y pueden presentar una inercia mayor debido a su diseño masivo, lo que puede afectar la aceleración en ciertos casos. A pesar de esto, su simplicidad y durabilidad los hacen ideales para aplicaciones donde el peso no es una limitación significativa y se necesita una operación silenciosa. (GARCÍA, 2021)

**4.5.1.2 Motores de Cubo con Engranajes (Geared):** Este tipo de motor incorpora un sistema de engranajes dentro de la carcasa para aumentar el torque y mejorar la eficiencia en ciertas condiciones de conducción. Los engranajes permiten que el motor funcione a velocidades más altas, mejorando el rendimiento en términos de aceleración y capacidad de subida en pendientes. No obstante, debido a su mayor complejidad mecánica, los motores de cubo con engranajes pueden requerir mantenimiento adicional y presentan una vida útil más corta en comparación con los de transmisión directa. Estos motores son ideales en aplicaciones donde la potencia y el control del par son cruciales, como en scooters y bicicletas eléctricas. (Lozano, 2021)

#### ***4.5.2 Motores de CC sin escobillas.***

**4.5.2.1 Motores BLDC de tipo out-runner:** son un tipo de motor de CC sin escobillas que tienen el rotor del motor presente en el exterior y el estator presente en el interior. También se les llama motores de cubo porque la rueda está directamente conectada al rotor exterior. Este tipo de motor no requiere un sistema de engranajes externo y es utilizado por fabricantes de bicicletas eléctricas como Hullikal, Tronx, Spero, bicicletas de velocidad ligera, etc. También lo utilizan fabricantes de vehículos de dos ruedas como 22 Motors, NDS Eco Motors, etc. (Karthik, 2019)

**4.5.2.2 Motores BLDC tipo in-runner:** Los motores BLDC de tipo in-runner son un tipo de motor de CC sin escobillas que tiene el rotor del motor presente en el interior y el estator presente en el exterior como los motores convencionales. Estos motores se utilizan en vehículos eléctricos y están disponibles en dimensiones para adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones. (Karthik, 2019)

#### **4.6 Principios de Funcionamiento del Motor Eléctrico en Rueda en una Motocicleta**

El motor eléctrico en rueda, o In-Wheel motor, es una tecnología que integra el motor directamente en el eje de la rueda, permitiendo que esta se impulse de manera directa sin necesidad de una transmisión mecánica como cadenas o correas. En las motocicletas, este tipo de motor suele colocarse en la rueda trasera, lo que permite una transmisión eficiente y directa de la energía, simplificando el diseño general del vehículo y reduciendo significativamente las piezas móviles. (Lugue, 2019)

Uno de los aspectos más destacados de los motores eléctricos en rueda es su propulsión directa, que elimina las pérdidas por fricción que comúnmente ocurren en los sistemas de transmisión convencionales. Al estar el motor acoplado directamente al eje de la rueda, toda la

potencia generada se convierte en movimiento, lo cual mejora la eficiencia energética y permite que la motocicleta alcance una autonomía superior en comparación con los sistemas que emplean transmisiones adicionales. Esto resulta especialmente útil en vehículos eléctricos ligeros, donde el consumo energético optimizado es crucial para maximizar el alcance de cada carga. (Energica, 2023)

El diseño sin transmisión externa de los motores en rueda también ofrece ventajas en cuanto a mantenimiento y peso. Al no contar con componentes adicionales como cadenas, correas o embragues, la necesidad de mantenimiento se reduce drásticamente, haciendo que el motor en rueda sea una opción ideal para usuarios que buscan minimizar los costos y el tiempo dedicado a revisiones periódicas. Además, la ausencia de piezas de transmisión reduce el peso total del vehículo, contribuyendo no solo a la eficiencia, sino también a una mejor maniobrabilidad y control en la conducción.

#### **4.7 Potencia**

El diseño y cálculo de los motores eléctricos para motocicletas dependen de varias características fundamentales, siendo la potencia, el torque, la velocidad y la eficiencia algunos de los factores principales. La potencia en un motor se mide en vatios (W) y se refiere a la cantidad de energía que el motor utiliza en un periodo específico, mientras que el torque es la fuerza de rotación que produce el motor, medida en newton-metros (Nm). La velocidad del motor, medida en revoluciones por minuto (RPM), y la eficiencia – la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada, expresada en porcentaje – son parámetros críticos que 2.7.1 Potencia determinan el rendimiento general del motor (Avalos Haro & Arevalo Barragan, 2019)

Existen dos tipos de potencia a considerar en el diseño de motores: la potencia nominal y la potencia real. La potencia nominal es aquella que el motor puede producir bajo condiciones estándar de operación, mientras que la potencia real es la potencia generada en condiciones variables de tensión. Para calcular la potencia que el motor necesita generar en la rueda, se utiliza la relación entre la fuerza de tracción y la velocidad del vehículo, expresada mediante la siguiente ecuación:

$$P_x = F_x * v \quad (\text{Ec.1})$$

Donde

$P_x$ : Potencia. [W]

$F_x$ : Fuerza de tracción. [N]

$v$ : Velocidad. [m/s]

Para seleccionar el motor adecuado, es importante considerar también el par necesario para mover la motocicleta desde el reposo. Esto se calcula mediante el coeficiente de resistencia a la rodadura y la masa del vehículo, usando las siguientes ecuaciones. (Becerril Sandoval, 2014, pág. 36)

Para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$F = C_{rr} * N_f \quad (\text{Ec.2})$$

$$N_f = m * g \quad (\text{Ec.3})$$

Donde

$F$ : Fuerza para mover la motocicleta del reposo.

$C_{rr}$ : Coeficiente de resistencia a la rodadura.

$N_f$ : Fuerza normal, en este caso es igual a cero.

$m$ : Masa del objeto.

$g$ : Gravedad. [ $m/s^2$ ]

#### **4.8 Energía en Rueda**

La energía en rueda se refiere a la cantidad de energía que el motor debe producir para superar las fuerzas que se oponen al movimiento, también conocida como energía de desplazamiento. Esta energía se calcula en función de la potencia del motor y el tiempo de operación, empleando la siguiente fórmula:

$$E_x = P_x * \Delta t \quad (\text{Ec.4})$$

Donde

$E_x$ : Energía. [Wh]

$P_x$ : Potencia. [W]

$\Delta t$ : Diferencia de tiempo. [s]

Este cálculo de energía es esencial para determinar la autonomía de la motocicleta, ya que el consumo energético depende de la potencia utilizada y del tiempo que el motor esté en funcionamiento (Orbe, 2024)

#### **4.9 Torque**

El torque se describe como una fuerza que genera un movimiento de giro. Se origina a partir de la fuerza de tracción y el tamaño del neumático. (Ji-Young Lee, 2017)

$$T = F * r \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

$F$ : Fuerza para mover la motocicleta del reposo. [N]

$r$ : Radio del neumático, se utiliza el diámetro de 17 in, es decir  $r = 0,2159$  m. [m]

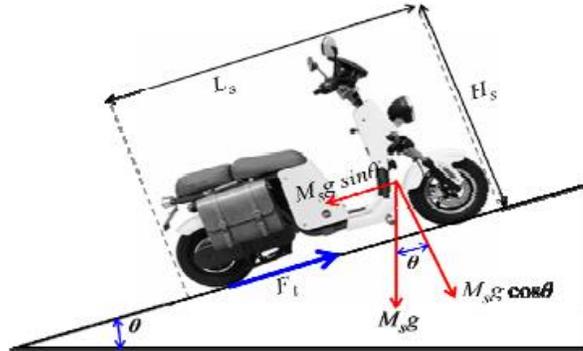
#### **4.10 Ecuaciones de la Dinámica Longitudinal**

La dinámica longitudinal Se refiere a la cantidad de energía que un vehículo necesita para moverse de un lugar a otro, y se puede medir en relación a las fuerzas que resisten el movimiento. Está influenciada por varios factores, como la potencia del motor, el peso del vehículo, el tipo de transmisión, la resistencia aerodinámica y la resistencia de rodadura. (Figueroa, 2017)

En la figura 5, se muestra las fuerzas que actúan sobre una motocicleta donde se pueden identificar las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, las cuales incluyen la gravedad, la resistencia aerodinámica, la resistencia a la rodadura, la tracción, la resistencia debido a la pendiente y la resistencia por inercia.

**Figura 5.**

*Fuerzas que se Oponen al Movimiento*



*Nota.* Fuerzas que actúan sobre un scooter que se traslada sobre una pendiente. Tomada de *In-wheel Motor Design for an Electric Scooter* (p.2308), por Y. Lee, BC. Woo, JM. Kim, HS. Oh, 2017, J Electr Eng Technol.

#### **4.10.1 Fuerza de Tracción ( $F_x$ )**

La fuerza que impulsa el movimiento del vehículo se conoce como fuerza propulsora. Para que el vehículo se mueva, esta fuerza debe ser mayor que la suma de todas las fuerzas que resisten su movimiento. Esta relación se puede expresar mediante una fórmula. (Tapia, Tigre, & Torres, 2017)

$$F_x = F_d + R_x + R_g + R_i \quad [\text{N}] \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

$F_d$ : Fuerza de resistencia aerodinámica. [N]

$R_x$ : Fuerza de resistencia a la rodadura. [N]

$R_g$ : Fuerza de resistencia por la pendiente. [N]

$R_i$ : Fuerza de resistencia por la inercia. [N]

#### 4.10.2 Fuerza de resistencia aerodinámica ( $F_d$ )

La resistencia aerodinámica se origina cuando el aire se opone al paso del vehículo. Diversos elementos influyen en esta resistencia, como el tamaño y la configuración del vehículo, el área frontal, la velocidad y dirección del viento, así como la densidad del aire. (Tapia, Tigre, & Torres, 2017)

$$F_d = \frac{1}{2} * C_d * A * \delta * V^2 \quad [N] \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

$C_d$ : Coeficiente aerodinámico.

$A$ : Área frontal. [ $m^2$ ]

$\delta$ : Densidad del aire; el aire estándar es igual a 1,167 [ $kg/m^3$ ] a 1 atm de presión y 20°C de temperatura. [ $kg/m^3$ ]

$V$ : Velocidad del vehículo. [ $m/s$ ]

#### 4.10.3 Resistencia a la Rodadura ( $R_x$ )

La fuerza de resistencia experimentada está relacionada con la interacción entre las ruedas del vehículo y la superficie de la carretera. Esta resistencia depende de características como el tipo, perfil y presión de los neumáticos, y su magnitud se ve afectada por factores como la masa del vehículo, el coeficiente de rodadura, la gravedad y el ángulo de inclinación de la carretera. (Tapia, Tigre, & Torres, 2017)

A velocidades bajas (menos de 70 km/h), cuando la temperatura y la presión de los neumáticos no cambian significativamente, la resistencia a la rodadura puede considerarse

constante. a los cambios en la presión y la temperatura de los neumáticos en lugar de otras variables. (SERNA, 2014)

$$R_x = f_r * M * g * \text{Cos}\theta \quad [\text{N}] \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

$M$ : Masa de vehículo. [ $kg$ ]

$g$ : Gravedad. [ $m/s^2$ ]

$\theta$ : Pendiente, cuando  $\theta = 0$ , el ángulo de inclinación de la trayectoria con respecto al plano horizontal, cuando se desplaza en una trayectoria completamente vertical,  $\theta = 1$ . [ $Grados$ ]

$f_r$ : Coeficiente de rodadura.

#### **4.10.4 Resistencia a la Pendiente ( $R_g$ )**

La resistencia generada por un pendiente está determinada por la forma de la carretera y la masa del vehículo. Cuando un vehículo se encuentra en una pendiente, una parte de su peso actúa en contra de la dirección del movimiento, lo que resulta en una resistencia debida a la inclinación que se opone a la fuerza de propulsión o tracción. Por otro lado, cuando un vehículo cae por una pendiente, esta fuerza ayuda al desplazamiento del vehículo y se considera con un signo negativo en la ecuación. (Tapia, Tigre, & Torres, 2017)

$$R_g = M * g * \text{Sen}\theta \quad [\text{N}] \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

$M$ : Masa de vehículo. [ $kg$ ]

$g$ : Gravedad. [ $m/s^2$ ]

$\theta$ : Pendiente. [ $Grados$ ]

Las motocicletas construidas para viajar en ciudades asfaltadas o carreteras están previstas para las pendientes de:

La longitud media máxima de las carreteras primarias y secundarias en las autopistas es del 7%. La inclinación máxima en las calles principales, secundarias y terciarias de la ciudad es del 12%, con un máximo del 15% al comienzo de las carreteras y para longitudes no superiores a 30 m. Cuando las condiciones topográficas lo justifiquen, se pueden desarrollar calles con inclinaciones superiores al 15%.

#### **4.10.5 Resistencia a la Inercia ( $R_i$ )**

Para alterar la velocidad de un vehículo, es necesario superar la fuerza que se opone a dicho cambio. Esta fuerza se conoce como fuerza de inercia y está determinada por la masa del vehículo. (Tapia, Tigre, & Torres, 2017)

$$R_i = M * a \quad [N] \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

$M$ : Masa de vehículo. [ $kg$ ]

$a$ : Aceleración. [ $m/s^2$ ]

#### **4.10.6 Consumo de Energético Teórico**

El análisis del consumo energético de los vehículos permite evaluar la eficiencia y autonomía, en este apartado se presenta la fórmula para calcular el consumo energético por kilómetro para la moto Super Soco TSX basada en la capacidad de su batería y autonomía promedio proporcionada por el fabricante.

$$\text{Consumo Energetico} \left( \frac{\text{Wh}}{\text{km}} \right) = \frac{\text{Capacidad de la bateria (Wh)}}{\text{Autonomia (km)}} \quad (\text{Ec.11})$$

Donde:

*Capacidad de la batería:* Es el producto entre el voltaje nominal [V] y la capacidad de la batería [A].

*Autonomía :* Es la distancia máxima que el vehículo puede recorrer con una carga completa de la batería [km].

#### **4.11 Tipos de Corriente en Motores Electricos**

Los motores eléctricos se clasifican según el tipo de corriente que utilizan, diferenciándose principalmente en motores de corriente continua (CC) y motores de corriente alterna (CA). A continuación, se presentan los tipos de motores de corriente continua, que son ampliamente utilizados en aplicaciones que requieren un control preciso de velocidad y torque.

##### **4.11.1 Corriente Continua (CC/DC)**

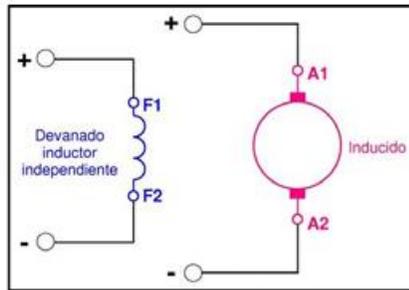
Estos motores se clasifican por sus inductores y el tipo de conexión del inductor, de los cuales son:

**Motor de excitación independiente:** Estos son dispositivos que toman energía del rotor y del estator de dos fuentes de voltaje separadas. El campo del estator es constante porque no depende de la carga del motor y el par también es prácticamente constante. El cambio de velocidad a medida que aumenta la carga estará asociado con una disminución de la EMF debido

a la mayor caída de voltaje en el rotor, y se subclasifican en Imán Permanente, Electromagnéticos. (Patiño V., 2018, pág. 5)

**Figura 6.**

*Excitación Independiente*

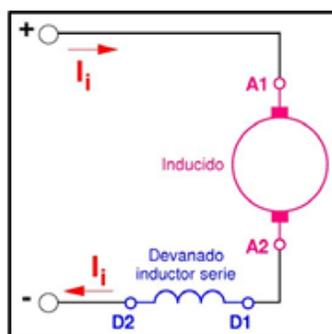


*Nota.* Tipo de conexión de excitación independiente que toman energía del rotor y del estator de dos fuentes de voltaje separadas. Tomada de “Máquinas de corriente continua “[Fotografía], Miguel Rodríguez, 2017, (p.24).

**Motor en serie o de excitación en serie:** Consiste en un motor de CC con una armadura y un inductor o devanado de campo conectado en serie. Esta conexión forma un circuito en serie en el que la corriente consumida por el motor cuando está conectado a la red eléctrica es igual a la bobina conductora (estator) y la bobina inductiva (rotor). El voltaje aplicado es constante mientras que el campo impulsor aumenta con la carga, se subclasifican en conexión serie, conexión paralela, conexión compuesta. (Patiño V., 2018, pág. 5)

**Figura 7.**

*Excitación serie*

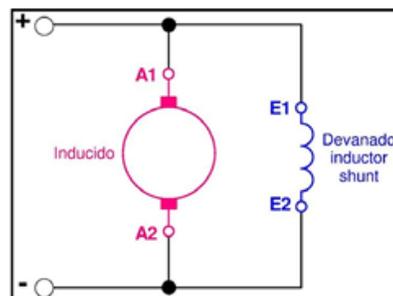


*Nota.* Es una conexión de excitación en serie, motor de CC con una armadura y un inductor o devanado de campo conectado en serie. Tomada de “Máquinas de corriente continua” [Fotografía], Miguel Rodríguez, 2017, (p.24).

**Motor en derivación o motor Shunt:** Un motor de CC en el que un circuito que consta de un devanado de inductancia principal, un devanado de inducido y una inductancia auxiliar está conectado en paralelo o en paralelo. En este tipo de motor, la velocidad permanece constante para cualquier carga. De toda la corriente consumida por el motor, una parte circula por la bobina de inducción y otra circula por el inductor. (Pajuelo Valle, 2017, pág. 4)

### Figura 8.

*Excitación derivación (Shunt)*



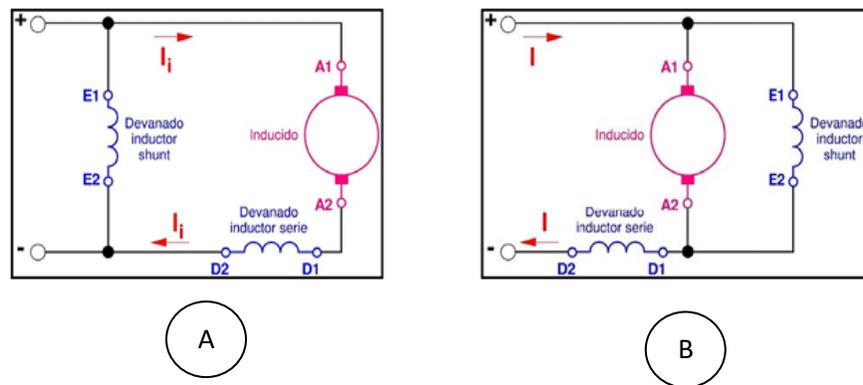
*Nota.* Conexión de excitación (Shunt), este circuito que consta de un devanado de inductancia principal, un devanado de inducido y una inductancia auxiliar está conectado en paralelo o en paralelo. Tomada de “Máquinas de corriente continua” [Fotografía], Miguel Rodríguez, 2017, (p.24).

**Motor Compound:** Un motor de CC excitado por dos devanados inductivos separados; uno colocado en serie con el devanado inductivo y el otro conectado en paralelo al circuito formado por los devanados.

Parte de la corriente absorbida fluye a través de la bobina de inducción y uno de los inductores, mientras que el resto fluye a través de la otra bobina inductora. (Pajuelo Valle, 2017, pág. 5)

**Figura 9.**

*Excitación Compuesta (Compound)*



*Nota.* La figura A corresponde a una Excitación Compuesta (Compound) de larga duración y la figura B corresponde a una Excitación Compuesta (Compound) de corta duración. Tomada de Tomada de “Máquinas de corriente continua” [Fotografía], Miguel Rodríguez, 2017, (p.24).

#### 4.11.2 Corriente Alterna (CA o AC)

Los motores de corriente alterna (CA) se clasifican según su velocidad de rotación, el número de fases de entrada y el tipo de rotor. Su principal ventaja es la eficiencia y facilidad para mantener una velocidad constante, lo que los hace ideales en aplicaciones industriales y en sistemas de transporte que requieren estabilidad de velocidad y potencia.

**Síncronos:** En estos motores, el rotor gira a la misma frecuencia que el campo magnético generado por el estator, lo cual significa que el periodo de rotación del motor coincide exactamente con el número de ciclos de la corriente alterna. Esta característica de sincronización los hace ideales en aplicaciones que requieren una velocidad constante y precisa, como en sistemas de bombeo, ventiladores industriales y maquinaria donde la estabilidad es crucial

**Asíncronos:** También conocidos como motores de inducción, en estos motores el rotor gira a una frecuencia diferente a la del campo magnético del estator. La diferencia entre ambas frecuencias se denomina "deslizamiento," y cuanto mayor sea el par requerido, mayor será esta diferencia. Los motores asíncronos son ampliamente utilizados en la industria debido a su bajo costo de fabricación y mantenimiento, y son ideales para aplicaciones que no requieren un control preciso de la velocidad, como compresores y transportadores. (Boschi, Molina, Carrazan, & Deleu, 2019)

**Monofásicos:** En este tipo de motor, la corriente alterna monofásica genera un campo magnético pulsante en el estator antes de que el rotor comience a girar. Para producir un campo magnético giratorio y un par de arranque suficiente, el motor monofásico incorpora un devanado auxiliar a 90° en fase con el devanado principal. Una vez que el motor arranca, el devanado auxiliar se desconecta, permitiendo que el motor funcione solo con el devanado principal. Este tipo de motor es adecuado para aplicaciones domésticas y de bajo consumo energético, como ventiladores y electrodomésticos (Boschi, Molina, Carrazan, & Deleu, 2019)

**Trifásicos:** Este tipo de motor utiliza electricidad trifásica para generar un campo magnético giratorio en el estator, lo cual convierte la energía eléctrica en energía mecánica de manera eficiente. Los motores trifásicos son ampliamente usados en aplicaciones industriales de alta potencia, como en maquinaria pesada, equipos de bombeo y sistemas de transmisión de

potencia. Gracias a su diseño, estos motores presentan una gran eficiencia y un alto factor de potencia, convirtiéndolos en una de las opciones preferidas para aplicaciones industriales que requieren un rendimiento estable y duradero. (Enriquez & Quispe, 2022)

#### **4.12 Batería**

En el mercado, la mayoría de las baterías disponibles son de iones de litio, las cuales pueden presentarse en diferentes formas de celda, como cilíndricas, tipo bolsa o prismáticas. Estas baterías se han establecido como una tecnología de referencia debido a sus características predefinidas, como la falta de memoria, su durabilidad y la capacidad de soportar numerosos ciclos de carga. En las baterías de iones de litio, la energía se almacena en forma de corriente continua suministrada por un cargador conectado a una red de corriente alterna. (Simon, 2019)

#### **4.13 Controlador de Voltaje**

Este elemento también es conocido como calculador de control, este elemento es el encargado de sincronizar el BMS (Battery Management System), el cargador, el convertidor, entre otros.

El controlador del motor eléctrico necesita información constante sobre la carga de la batería, la configuración del programa de conducción y la posición del acelerador para funcionar correctamente. A partir de estos datos, el controlador ajusta la cantidad de energía que fluye entre la batería o las baterías y el motor eléctrico para garantizar una respuesta óptima del motor.

El controlador está compuesto por varios componentes, como sensores y actuadores, cada uno de los cuales tiene una función específica. En particular, los sensores son responsables de recopilar información y enviarla al controlador para su procesamiento y toma de decisiones. Los

sensores pueden medir una variedad de variables, como la velocidad, la posición, la temperatura, la corriente eléctrica, entre otras, dependiendo de la aplicación del controlador. Por otro lado, los actuadores son responsables de convertir las señales eléctricas del controlador en acciones físicas, como la activación del motor eléctrico o el ajuste de la dirección de las ruedas.

#### **4.14 Impacto Ambiental y Ciclo de Vida de las Motocicletas Eléctricas**

El impacto ambiental de las motocicletas eléctricas va más allá de sus beneficios inmediatos en términos de reducción de emisiones y eficiencia energética. Si bien durante su uso no emiten gases de efecto invernadero, su ciclo de vida incluye etapas que pueden tener efectos ambientales significativos, como la extracción de materiales para sus baterías. La fabricación de baterías de iones de litio requiere minerales como el litio, cobalto y níquel, cuya extracción y procesamiento pueden afectar gravemente a los ecosistemas y a las comunidades locales, generando una huella de carbono considerable (Isidro, 2023)

Un aspecto clave en la sostenibilidad de estas motocicletas es la duración de sus baterías y la posibilidad de reciclarlas. A medida que avanzan los ciclos de carga, la capacidad de almacenamiento de las baterías disminuye, lo que eventualmente reduce su autonomía y eficiencia. Cuando las baterías llegan al final de su vida útil, su correcta disposición o reciclaje se vuelve fundamental para evitar la contaminación del suelo y del agua. Existen procesos emergentes que recuperan gran parte de los materiales, permitiendo reutilizar componentes esenciales y reduciendo la necesidad de extraer nuevos recursos, aunque estos métodos aún están en desarrollo para alcanzar una eficiencia óptima y menor costo.

El enfoque en la producción sostenible y la elección de energías renovables para la recarga juegan un papel importante en el ciclo de vida ambiental de estos vehículos. La carga de las

motocicletas eléctricas a partir de fuentes de energía limpia (solar, eólica, etc.) ayuda a reducir su huella de carbono general. De esta manera, la industria de motocicletas eléctricas busca equilibrar el impacto ambiental negativo de la producción y desecho de baterías con las ventajas de una operación sin emisiones y una gestión responsable de recursos (Vacas, 2024)

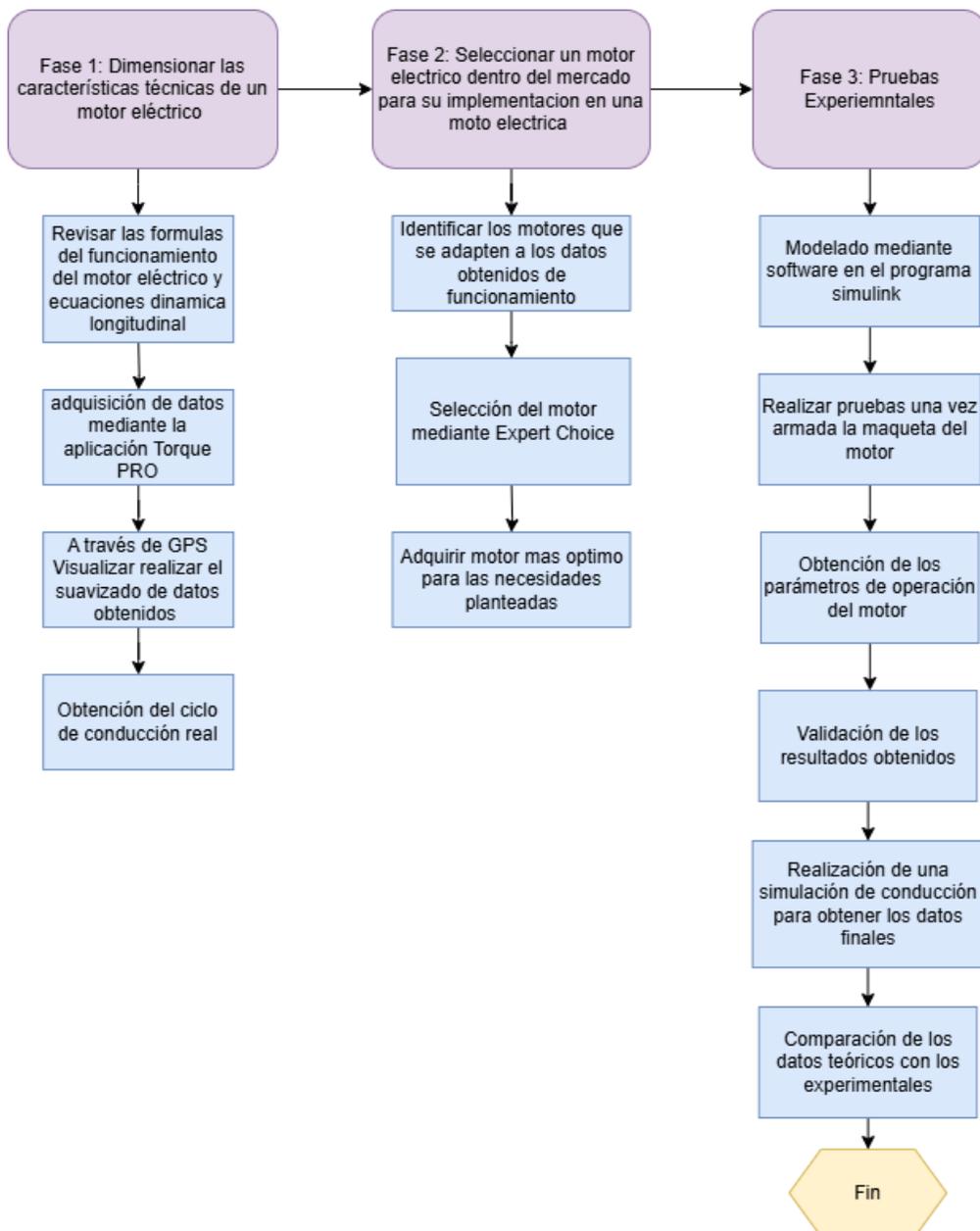
## 5 Metodología

### 5.1 Flujograma del Proceso

Para poder llevar a cabo todas las fases del actual proyecto de investigación desde el comienzo hasta la finalización, el presente flujograma fue desarrollado de acuerdo con las normas ANSI. Todas las fases se resumen en la Figura 10.

**Figura 10.**

*Flujograma del proceso de desarrollo de la metodología*



*Nota.* Las etapas están enfocadas al cumplimiento de los objetivos planteados. Elaboración Propia.

## **5.2 Equipos e instrumentos**

Para el desarrollo del trabajo aparte de contar con los recursos bibliográficos previamente nombrados también se debe tener equipos e instrumentos que nos permitan obtener datos físicos del motor entre estos equipos e instrumentos tenemos los siguientes:

### **5.2.1 Software y Programas**

**5.2.3.1 GPS Visualizer.** GPS Visualizer es una aplicación basada en la web que permite la generación de mapas personalizados utilizando datos de GPS. Las personas tienen la capacidad de importar archivos de datos GPS en múltiples formatos, incluidos GPX, CSV, NMEA, entre otros, y posteriormente visualizar esta información en un mapa interactivo.

**5.2.3.2 Matlab-Simulink.** Simulink es un entorno de programación gráfica desarrollado por MathWorks para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de ingeniería, ciencia e investigación para diseñar, simular y probar sistemas de control y algoritmos de procesamiento de señales. (MathWorks, 2023), el cual se utilizó para realizar el modelo matemático del proyecto.

**5.2.3.3 Expert Choice.** El software de toma de decisiones que utiliza el proceso de análisis jerárquico (AHP) ayuda tanto a las personas como a las organizaciones a navegar por procesos complejos de toma de decisiones, este software se utilizó para seleccionar el motor adecuado a las especificaciones deseadas.

**5.2.3.4 Torque Pro.** La aplicación móvil desarrollada para dispositivos Android tiene el propósito de monitorear y diagnosticar el rendimiento del motor de un vehículo. Al utilizar esta aplicación en particular, las personas pueden recuperar una amplia gama de información en tiempo real relacionada con su vehículo a través de la interfaz OBD-II (diagnóstico a bordo), esta aplicación se utilizó para recolectar datos en ruta como longitud, altitud y velocidad de la moto para el cual se utilizarán para las diversas fórmulas en las que se determinara la potencia, par y consumo.

### 5.3 Cálculo de la masa aproximada de la motocicleta

Para los cálculos de los parámetros requeridos del motor, se necesitan datos como el peso de cada uno de los componentes de la motocicleta.

**Tabla 1.**

*Pesos determinados de la motocicleta*

<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>
Motor	73 kg
Controlador y accesorios	3,5 kg
Batería	10,7 kg
Persona Promedio	75 kg
<b>TOTAL</b>	<b>162,2 kg</b>

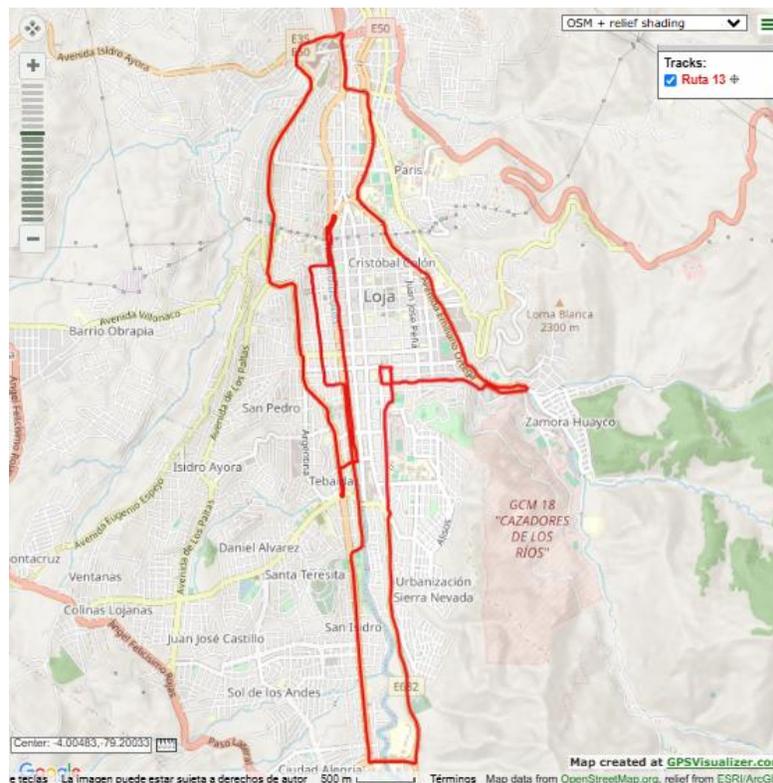
*Nota.* En la tabla se muestra el peso de los elementos tomados en cuenta para el peso total de la moto. Fuente: Manual del Fabricante (2021).

## 5.4 Monitorización de variables

Para validar los datos recopilados con Torque PRO, se empleó el software GPS Visualizer. en el cual es necesario introducir la latitud y la longitud para generar la pendiente de la ruta. El viaje 13 se ilustra en la figura 11 y muestra las variables que coinciden con el recorrido elegido sin ningún defecto. Este proceso se llevó a cabo para todos los viajes.

**Figura 11.**

*Ruta de Viaje del Vehículo*



*Nota.* Se observa la ruta seleccionada para realización del ciclo critico de conducción. Tomada de “GPS Visualizer” [Fotografía]. GPS Visualizer, 2024

## 5.5 Variables Adicionales Necesarias para el Estudio

### 5.5.1 Radio de Rodadura Dinámico.

Para calcular el Par ( $\tau$ ), debe conocerse el radio dinámico o efectivo ( $rd$ ). Se comienza estimando el radio de la rueda estática utilizando la especificación del neumático del fabricante.

Neumático: 110/70 R17

$$r_{est} = 0.5 \left[ (A_r * 2 * R_{h/a} \%) + \left( 25.4 \frac{mm}{n} * D_{rin} \right) \right] \quad (\text{Ec.12})$$

$$r_{est} = 292,9 \text{ mm}$$

Donde:

$r_{est}$ : Radio estático. [mm]

$A_r$ : Ancho de rueda. [mm]

$R_{h/a}$ : Relación alto/ancho. [%]

$D_{rin}$ : Diámetro del rin. [in]

Una vez que se ha identificado el radio estático, se calcula el radio dinámico, que es un valor entre el 96 y el 98 por ciento del radio estático. (Di Rado, Presta Garcia, & Devincenzi, 2013) El valor de  $r_{est}$  es 326.2mm por lo que el valor de  $rd$  viene dado por la Ec.13:

$$r_d = r_{est} * 0.97 \quad (\text{Ec.13})$$

$$r_d = 292,9 * 0,97 = 284,113 \text{ m}$$

### 5.5.2 Densidad del aire

Es posible calcular en función de la presión atmosférica, las constantes de los gases ideales y la temperatura (Velez Loaiza & Vera Vanegas, 2016) , la densidad del aire en Loja es de 0,88 kg/m<sup>3</sup>, que se puede calcular mediante la Ec.14:

$$\delta = \frac{p}{R * T} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

$\delta$ : Densidad del aire. [kg/m<sup>3</sup>]

$p$ : Presión Atmosférica. [kPa]

$R$ : Constante universal de los gases ideales. [kPa\* $\frac{m^3}{Kg}$ \*k]

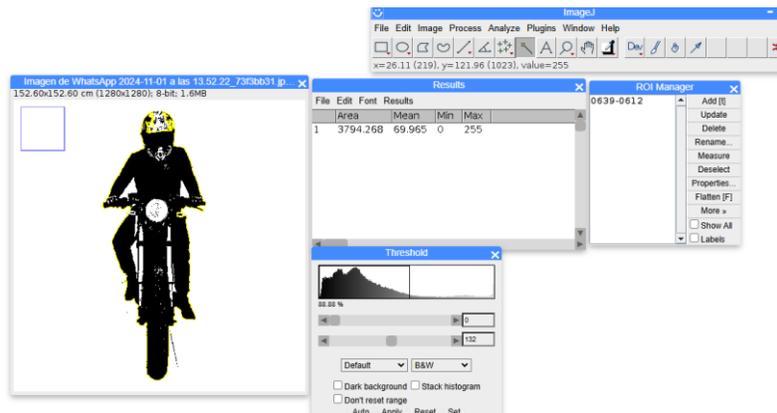
$T$ : Temperatura del aire. [K]

### 5.5.3 Área frontal

El área frontal de la moto se la obtuvo mediante el software “ImageJ” la cual nos permite la determinación del área frontal por análisis de imágenes, tomando como referencia las dimensiones del eje delantero de 70 cm, la región frontal con el conductor y mediante la opción del software Measure, se determinó que el área frontal es de  $A_f = 0,3794 m^2$ .

**Figura 12.**

*Obtención del área de la moto mediante el software ImageJ*



*Nota.* Se observa los aportados para obtención del área frontal. Elaboración propia.

#### 5.5.4 *Coefficiente de Resistencia Aerodinámico ( $C_d$ )*

Es la fuerza que actúa en dirección opuesta al avance de un vehículo cuando se desplaza (Ares, 2023, pág. 18). Para la presente investigación el  $C_d$  de la motocicleta es de  $C_d = 0.318$  dato proporcionado de una investigación experimental (Palanivendhan, Nagpal, Rao, Philip, & Ganapathi, 2021, págs. 7245-7246).

#### 5.5.5 *Coefficiente de Resistencia a la Rodadura ( $f_r$ )*

El coeficiente de resistencia a la rodadura es un factor adimensional que relacionan el tipo de neumático (radial o diagonal), sus dimensiones, las características del neumático, la temperatura y las condiciones de uso, el coeficiente de resistencia a la rodadura depende principalmente de la velocidad de avance y de la presión de inflado. (Cassalter, 2006) Según Vittore Cassalter el valor típico es del  $f_r = 0,02$ .

A continuación, en la Tabla se muestra un resumen de las variables adicionales necesarias para el estudio:

**Tabla 2.**

*Variables necesarias para el estudio*

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área Frontal	$A_f = 0,3794$	$m^2$
Radio de rodadura dinámico	$r_d = 292,9$	$mm$
Coefficiente de Resistencia Aerodinámico	$C_d = 0,318$	-

Coeficiente de Resistencia a la Rodadura	$f_r = 0,02$	-
Peso Bruto	$M = 162,2$	$kg$
Densidad del aire	$\delta = 0,88$	$kg/m^3$
Gravedad	$g = 9.81$	$m/s^2$

*Nota.* Datos obtenidos de los diferentes cálculos realizados. Fuente: Elaboración Propia.

## 5.6 Obtención de la Pendiente mediante la herramienta en línea GPS Visualizer.

Como se muestra en la figura 13, los valores de latitud y longitud se introducen como archivo en formato (txt.), luego se selecciona del apartado Add estimated fields la velocidad, la pendiente, distancia y la fuente óptima, lo que da como resultado una salida en formato txt. Este procedimiento se repite para cada viaje realizado por la moto eléctrica.

**Figura 13.**

*Convertidor de GPS Visualizer*

The screenshot displays the GPS Visualizer web interface. At the top, the 'Output format' is set to 'Plain text'. Below this, there are three file upload slots: 'File #1' with '21 mayo.txt', 'File #2' with 'Ningún archivo seleccionado', and 'File #3' with 'Ningún archivo seleccionado'. A 'Convert' button is visible. Below the file uploads, there is a text area for pasting data with the header 'name,desc,latitude,longitude'. Further down, there are settings for 'Plain text delimiter' (set to 'tab') and 'Plain text output units' (set to 'Metric'). The 'Add estimated fields' section has checkboxes for 'speed', 'heading', 'slope (%)', 'distance', 'VMG', and 'pace', with 'speed', 'heading', 'slope (%)', and 'distance' checked. The 'Add DEM elevation data' is set to 'best available source'. At the bottom, there are links for 'Save these settings' and 'Load from saved', and a green bar with '[+] show advanced options'.

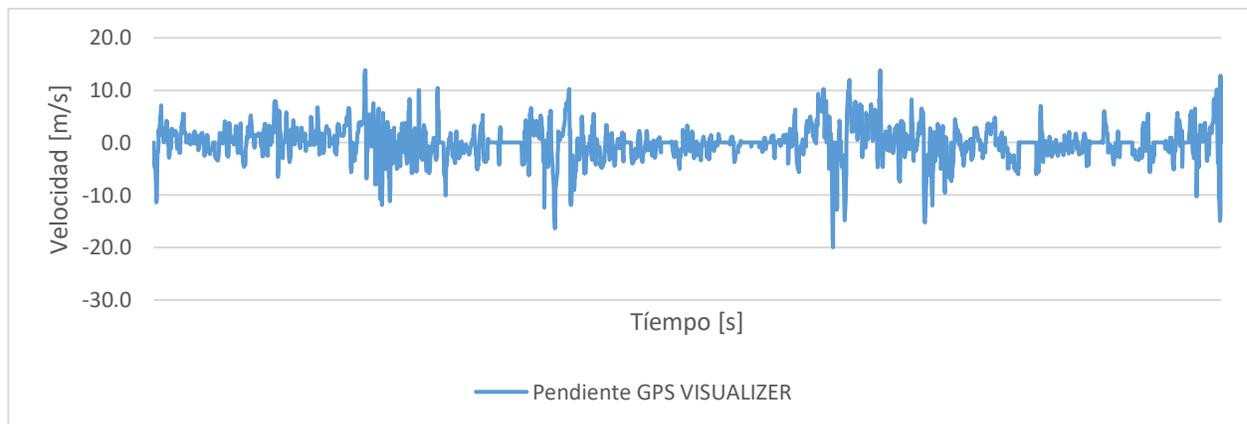
*Nota.* Software para adquisición de datos de latitud, longitud y velocidad de las rutas hechas para obtención del ciclo de conducción. Tomada de “GPS Visualizer” [Fotografía], Adam Schneider, 2024, <https://www.gpsvisualizer.com/>.

## 5.7 Pendiente de la Ruta de viaje

Las variables de pendiente derivadas del GPS Visualizer se representan visualmente en relación con la duración del viaje, como se ilustra en la figura 14. Este proceso se lleva a cabo de forma individual para cada ruta seguida dentro de la ruta especificada.

**Figura 14.**

*Pendiente de la ruta de viaje*



*Nota.* Grafica correspondiente a la pendiente de la ruta de viaje seleccionada. Elaboración Propia.

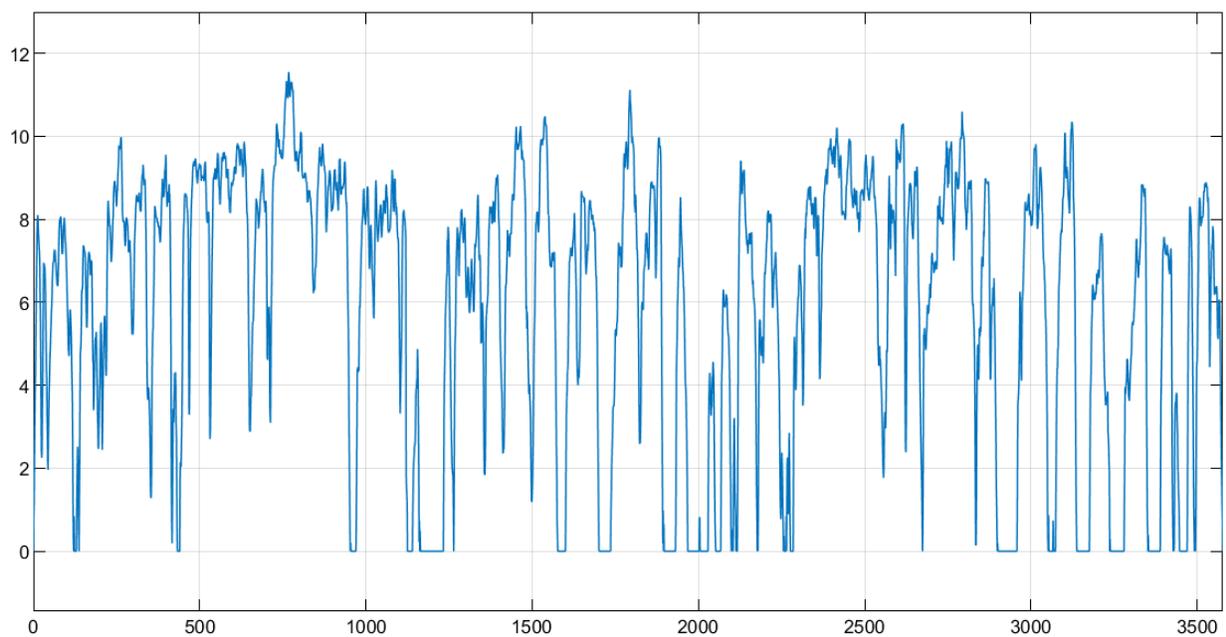
## 5.8 Ciclos de Conducción

Los ciclos de conducción se refieren a análisis estadísticos que se centran en la velocidad de un conjunto específico de vehículos, ya sean particulares, de servicio público o de carga, en una región específica. Estos análisis permiten crear un perfil que muestra cómo varía la

velocidad a lo largo del tiempo, y resultan de gran utilidad tanto para la industria automotriz como para las entidades encargadas de regular las emisiones a nivel global. (Gómez, 2014) Los ciclos de conducción utilizados para la certificación de motocicletas, todos ellos son del tipo chasis-dinamómetro, hay ciclos europeos/UNECE (R40 and R47), Estadunidense (FTP-72), indio (IDC) and mundial (WMTC).

**Figura 15.**

*Ciclo de conducción*



*Nota.* Grafica del ciclo de conducción real, obtenido de los viajes realizados tomado en cuenta del ciclo crítico. Elaboración Propia.

## 5.9 Diferencias Mínimas Ponderadas (MWD-CP)

Para conseguir las mínimas diferencias ponderadas, se toman en cuenta tres etapas fundamentales: la elección de la ruta, el muestreo de los ciclos de conducción y la decisión de la ruta. El TDC se lleva a cabo basándose en parámetros específicos, que son las energías que cada una de las fuerzas de resistencia gasta. Esta técnica se emplea para determinar el TDC basándose en los datos del GPS. (Huertas, Diaz, Cordero, & Cedillo, 2017)

El método se simplifica en la siguiente fórmula

$$C = Arg \left\{ \min_j \left( \sum \omega_i |P_{ij} - \bar{P}_i| \right) \right\} \quad (\text{Ec.15})$$

En primer lugar, se determina que  $P_{ij}$  es el valor obtenido del parámetro  $i$  para el ciclo  $j$ , y se determina la media aritmética de todos los ciclos de la muestra  $\bar{P}_i$ . El paso a seguir consiste en efectuar una comparación para cada valor característico de todas las rutas seleccionadas ( $P_{ij} - \bar{P}_i$ ) y sumar las diferencias para cada parámetro. (Huertas, Diaz, Cordero, & Cedillo, 2017)

Considerando que algunos parámetros tienen más importancia que otros, por ende, la suma de las diferencias se pondera en base a la importancia de cada uno en la generación del consumo de energía.

Para establecer el TDC, se establece con el valor más bajo de la suma de diferencias ponderadas.

**Figura 16.**

*Promedio Ponderados*

Resultados Consumo de Energías						
Número de ciclos	% E.Fd (+)	% E.RX (+)	% E.Rg (+)	% E.Ri (+)	Ex (+) [kW/h]	SUMATORIA
1	5.4331661	19.052775	29.828541	45.685517	0.66442534	7.449230043
2	3.4723598	20.083036	36.480976	39.963628	0.42975747	2.543598751
3	3.5404649	21.588678	29.023154	45.847703	0.34987387	7.186847038
4	3.0792679	20.959562	39.415148	36.546022	0.38482638	0.914320503
5	3.328566	22.839201	34.583113	39.24912	0.3538008	2.615744699
6	2.9796772	20.225341	43.563294	33.231688	0.4046933	3.586701586
7	2.2997696	20.791755	40.282686	36.625789	0.33108097	1.337811474
8	3.1642787	21.037778	32.490444	43.3075	0.36634817	5.062824824
9	3.4403835	21.32021	37.420954	37.818452	0.40959537	1.131362346
10	3.4231415	22.719114	35.16342	38.694324	0.34830268	2.169694725
11	3.082847	27.340907	44.061956	25.514289	0.33744609	7.21184192
12	3.0533728	21.015809	47.75112	28.179698	0.5549843	6.834694104
13	2.7769905	25.19128	47.352131	24.679598	0.37534249	8.300787586
14	3.61551	26.040315	37.68248	32.661695	0.39635562	2.304734529
15	2.7554402	24.803781	38.028153	34.412626	0.30989243	1.270643374
<b>CICLO PROMEDIO</b>	3.2963491	22.333969	38.208505	36.161177	0.40111502	100
	0.0329635	0.2233397	0.382085	0.3616118		1

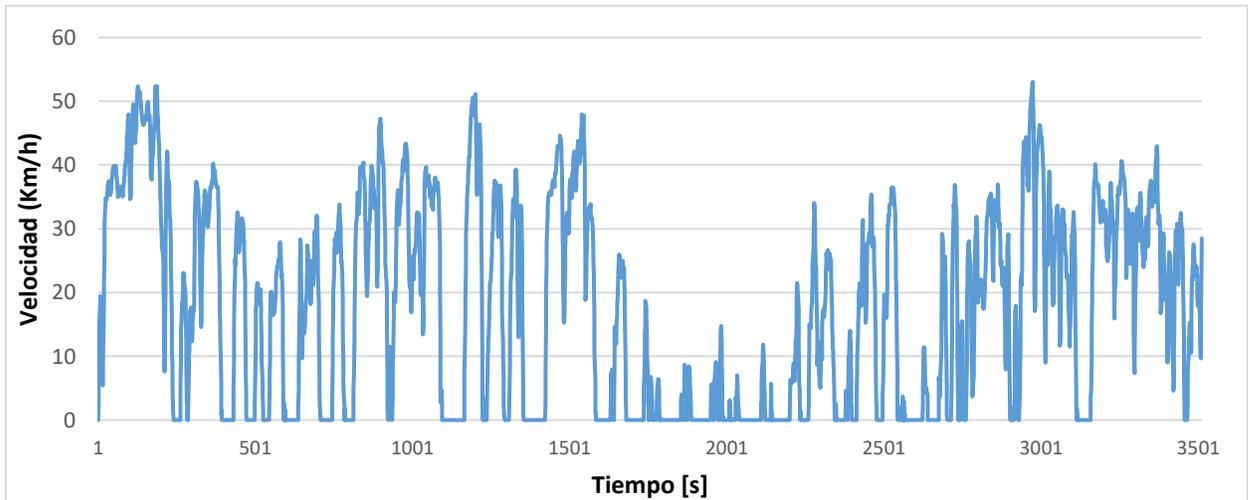
*Nota.* En esta imagen se observa la selección del ciclo típico y crítico de las rutas realizadas, además de los factores de ponderación utilizados en cas viaje. Elaboración Propia.

### 5.9.1 Ciclo Típico de conducción

Los TDC se establecieron basándose en el promedio ponderado, que facilita la determinación del típico basándose en el consumo energético de cada desplazamiento efectuado. La figura 17 presenta la sumatoria de todas las rutas del trayecto, eligiendo el que tiene el valor más bajo al efectuar la sumatoria, siendo el viaje 4 el seleccionado como ciclo típico.

**Figura 17.**

*Ciclo Típico de conducción*



*Nota.* Se muestra el ciclo de conducción típico sacado del viaje 4, Elaboración Propia.

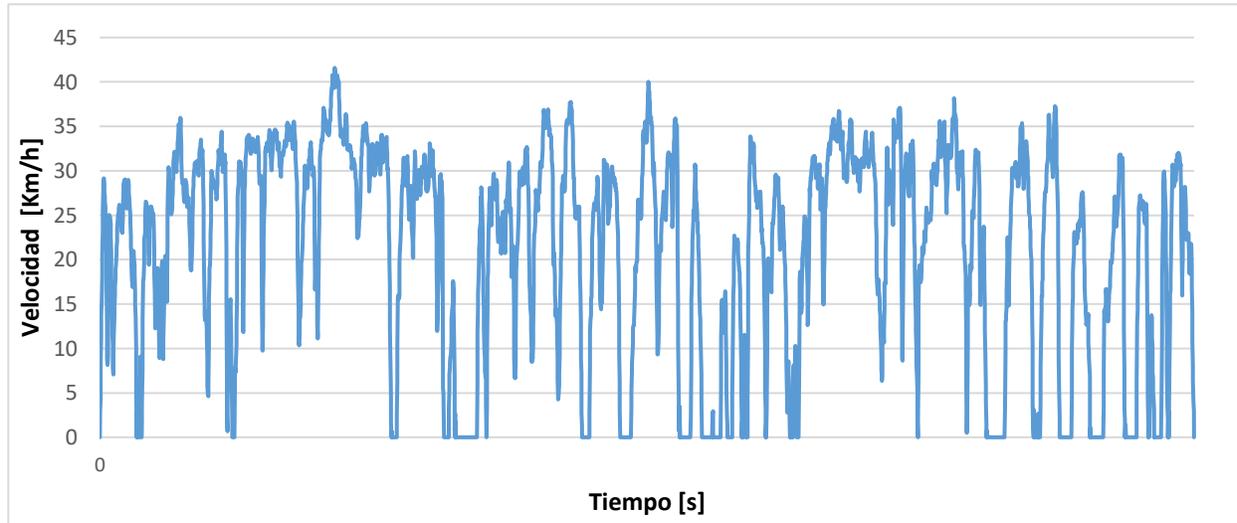
En la figura 17 se observa el perfil de velocidad con respecto al tiempo para el recorrido 4, el cual representa al TDC, donde se obtiene un valor de duración de 3698 s, una distancia de 18.58 Km, una velocidad máxima de 53.04 Km/h, un porcentaje de detenimiento de 30.60 %, una velocidad constante de 0.02 %, una aceleración de 36.60 % y una desaceleración de 32.77%.

**5.9.2 Ciclo Crítico de conducción**

Los CDC se establecieron basándose en el promedio ponderado, que facilita la determinación del crítico basándose en el consumo energético de cada desplazamiento efectuado. La figura 18 presenta la sumatoria de todas las rutas del trayecto, eligiendo el que tiene el valor más alto al efectuar la sumatoria, siendo el viaje 13 el seleccionado como ciclo crítico.

**Figura 18.**

*Ciclo Critico de conducción*



*Nota.* Se muestra el ciclo de conducción critico sacado del viaje 13, Elaboración Propia.

En la figura 18 se observa el perfil de velocidad con respecto al tiempo para el recorrido 13, el cual representa al CDC, donde se obtiene un valor de duración de 3757 s, una distancia de 21.50 Km, una velocidad máxima de 41.58 Km/h, un porcentaje de detenimiento de 15.89 %, una velocidad constante de 0.07 %, una aceleración de 43.24 % y una desaceleración de 40.79%.

### **5.10 Dimensionamiento del Motor**

La finalidad del proyecto es el dimensionamiento del motor in-wheel síncrono de imanes permanentes en la que el motor se incorpora directamente en la rueda, lo que suprime la necesidad de un sistema de transmisión convencional. Este modelo de motor emplea imanes permanentes en su rotor, los cuales se entrelazan con un campo magnético producido por el estator para generar movimiento. Dado que es un motor síncrono, la velocidad de rotación del

rotor se ajusta a la frecuencia de la corriente alterna en el estator, de esta forma, se eliminan las pérdidas del circuito rotórico y se evita la necesidad de un sistema de excitación, lo que conduce a una elevada eficiencia energética y a un control exacto de la velocidad. (Rodríguez, 2014)

### 5.10.1 Características del Motor

#### 5.10.1.1 Motor Super Soco TSX

**Tabla 3.**

*Características del Motor Super Soco TSX*

<b>Datos</b>	<b>Super Soco TSX</b>
<b>Motor</b>	
Tipo	Motor en Rueda fabricante BOSCH GmbH
Potencia nominal Continua	1.500 W
Potencia Pico Max	2.300 W
Par Max	150 Nm
<b>Carga</b>	
Corriente Entrada (CA)	90V-240VAC
Corriente de Carga (CC)	60V/4A
<b>Rendimiento</b>	
Velocidad Limitada	49Km/h
Autonomía Homologada	60km (a 49km/h)
Autonomía Uso Urbano	55-60 km
Consumo (Wh/ km)	24 Wh/km
<b>Batería</b>	

Concepto	ATL (Amperex Technology Limited) Iones de litio
Capacidad	1.8 kWh
Limite Corriente Controlador	35A
<b>Dimensión Ruedas</b>	
Trasera	110/70-17
Trasera llanta	17

*Nota.* Esta tabla muestra las características del motor super soco TSX. Fuente: Manual de usuario (2022).

#### 5.10.1.2 Motor Super Soco TS50 (TS1200)

**Tabla 4.**

*Características del motor Super Soco TS50 (TS1200)*

<b>Datos</b>	<b>Super Soco TS50 (TS1200)</b>
<b>Motor</b>	
Tipo	Motor en Rueda fabricante BOSCH GmbH
Potencia nominal Continua	1.200 W
Potencia Pico Max	1.959 W
Par Max	120 Nm
<b>Carga</b>	
Corriente Entrada (CA)	90V-240VAC
Corriente de Carga (CC)	60V/5A

<b>Rendimiento</b>	
Velocidad Limitada	45Km/h
Autonomía Homologada	71km (a 45km/h)
Autonomía Uso Urbano	55-60 km
Consumo (Wh/ km)	24 Wh/km
<b>Batería</b>	
Concepto	PANASONIC Batería Litio (18650)
Capacidad	1.6 kWh
Limite Corriente Controlador	35A
<b>Dimensión Ruedas</b>	
Trasera	100/70-17
Trasera llanta	17

*Nota.* Esta tabla muestra las características del motor super soco TS50 (TS1200). Fuente: Manuel Usuario (2018).

### 5.10.1.3 Motor Super Soco TC50 (TC1500)

**Tabla 5.**

*Características del Motor Super Soco TC50 (TC1500)*

<b>Datos</b>	<b>Super Soco TC50 (TS1500)</b>
<b>Motor</b>	
Tipo	Motor en Rueda fabricante BOSCH GmbH
Potencia nominal Continua	1.500 W
Potencia Pico Max	2.300 W
Par Max	150 Nm

---

<b>Carga</b>	
Corriente Entrada (CA)	90V-240VAC
Corriente de Carga (CC)	60V/4A
<b>Rendimiento</b>	
Velocidad Limitada	45Km/h
Autonomía Homologada	71km (a 45km/h)
Autonomía Uso Urbano	55-60 km
Consumo (Wh/ km)	24 Wh/km
<b>Batería</b>	
Concepto	PANASONIC Batería Litio (18650)
Capacidad	1.8 kWh
Limite Corriente Controlador	35 <sup>a</sup>
<b>Dimensión Ruedas</b>	
Trasera	110/70-17
Trasera llanta	17

---

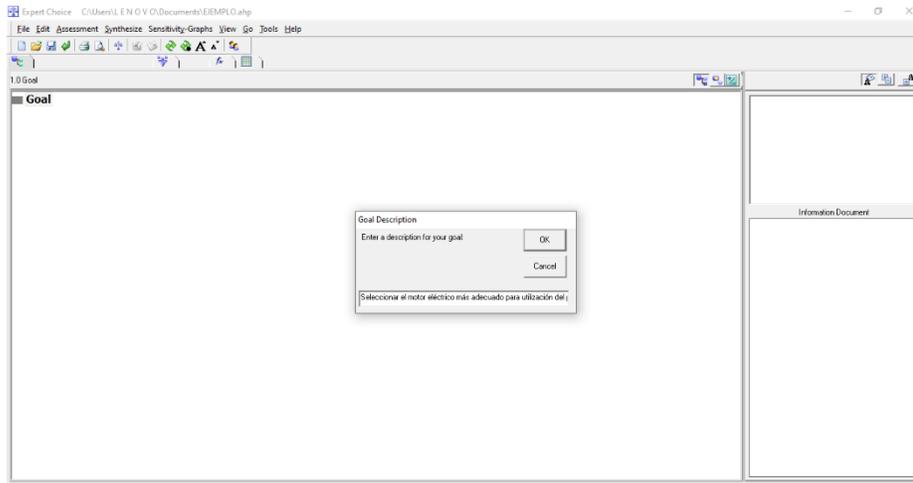
*Nota.* Esta tabla muestra las caracteriscas del motor super soco TC50 (TS1500). Fuente: Manuel Usuario (2018).

### **5.11 Empleo del software Expert Choice para caracterizar el motor**

Ejecutado el programa, asigna un nombre y una ubicación al archivo fuente en nuestro caso “Seleccionar el motor eléctrico más adecuado para utilización del proyecto” Se hace la misma solicitud para introducir el *objetivo* del modelo de operación que se muestra en la Figura 19, se ingresan los parámetros requeridos del modelo.

**Figura 19.**

*Introducción del objetivo del modelo.*



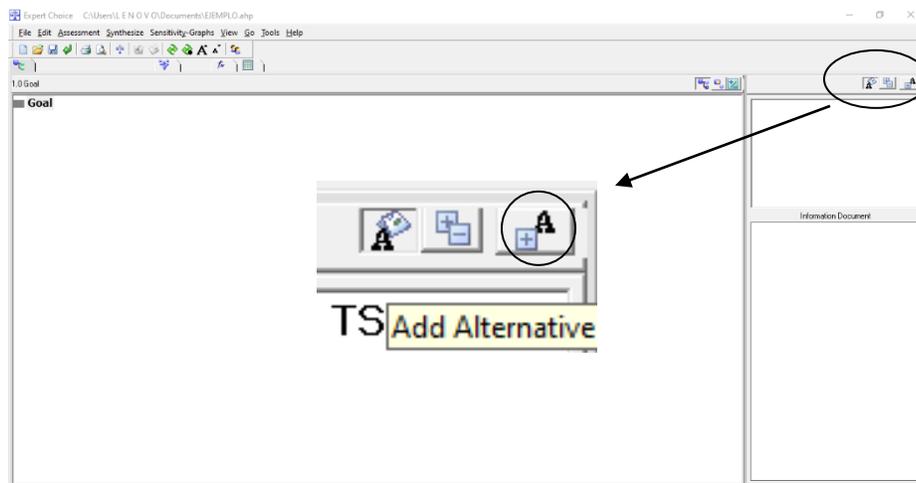
*Nota.* Apartado del software de Expert Choice, para introducción de criterios a tomar en cuenta.

Elaboración Propia.

El método abreviado de teclado Ctrl + H, te permite agregar un subnivel al nivel que has elegido con el mouse; en otras palabras, *Criterios* para el objetivo y *Subcriterios* para nuestros criterios. El botón que se muestra en la Figura 20 permite ingresar las alternativas a evaluar.

**Figura 20.**

*Introducción Alternativas*



*Nota.* Selección de *Criterios* para el objetivo y *Subcriterios* para nuestros criterios. Elaboración Propia.

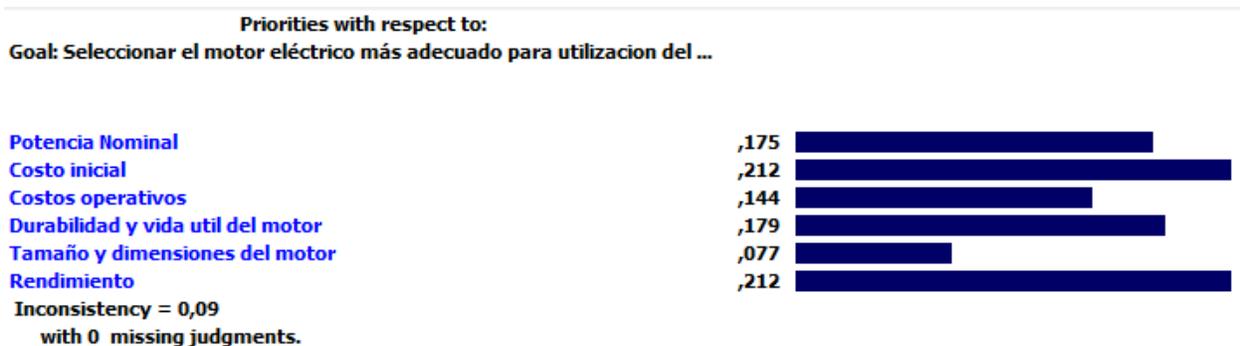
En la Figura 21 se observa el modelo de decisión que ha sido completamente ingresado en la lista de Expert Choice para su análisis. Es necesario introducir una descripción para cada criterio y subcriterio del modelo.

Dentro del campo de las variables a tomar en consideración para la elección del material tenemos las siguientes:

- Potencia Nominal
- Costo Inicial
- Costos Operativos
- Durabilidad y Vida útil
- Tamaño y dimensiones
- Rendimiento

**Figura 21.**

*Criterios de Valoración para los Motores*

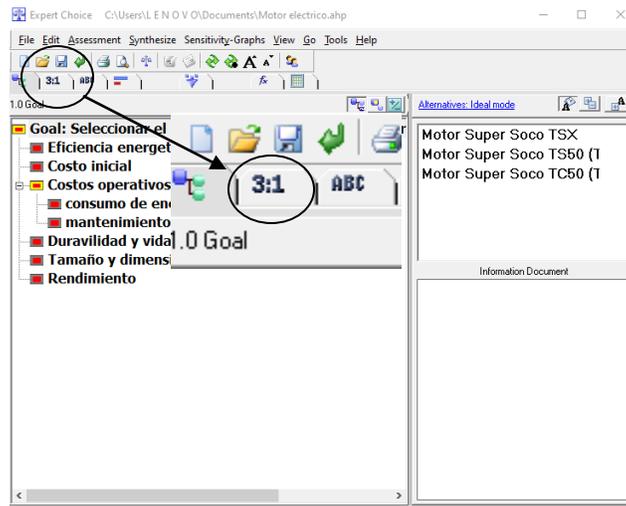


*Nota.* Se aprecia como un indicador de mayor relevancia el tema del rendimiento, ya que afecta directamente a la eficiencia energética del motor.

El software realiza las comparaciones de los motores con la ayuda del botón que se muestra en la Figura 22.

### **Figura 22.**

*Botón comparaciones numéricas.*

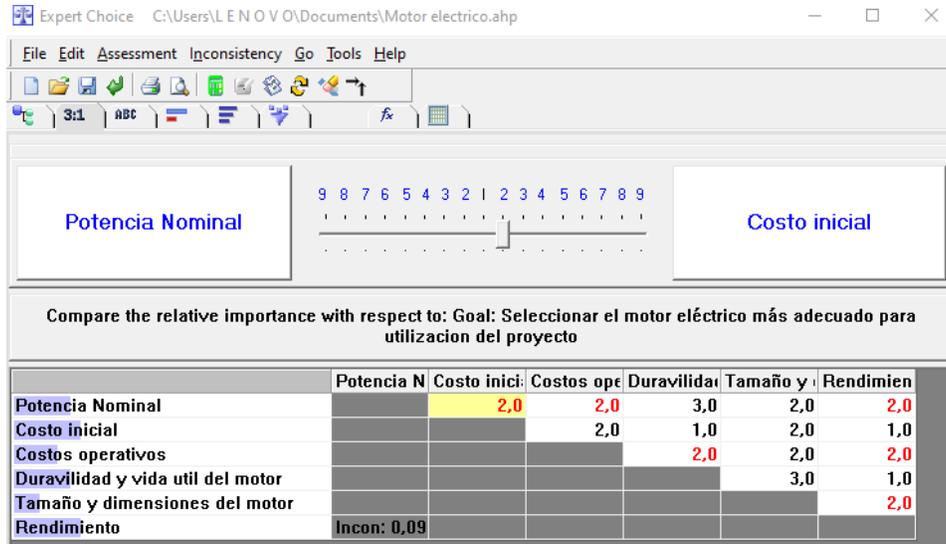


*Nota.* Muestra el botón para seleccionar las comparaciones numéricas. Elaboración Propia.

Una vez elegido el objetivo del modelo, se realiza una comparación numérica de todos los criterios, como se muestra en la figura 23, en la figura 24 se observa la comparación entre el subcriterio del criterio seleccionado, y la figura 25 muestra las comparaciones numéricas realizadas entre las alternativas del modelo cuando se selecciona un subcriterio.

**Figura 23.**

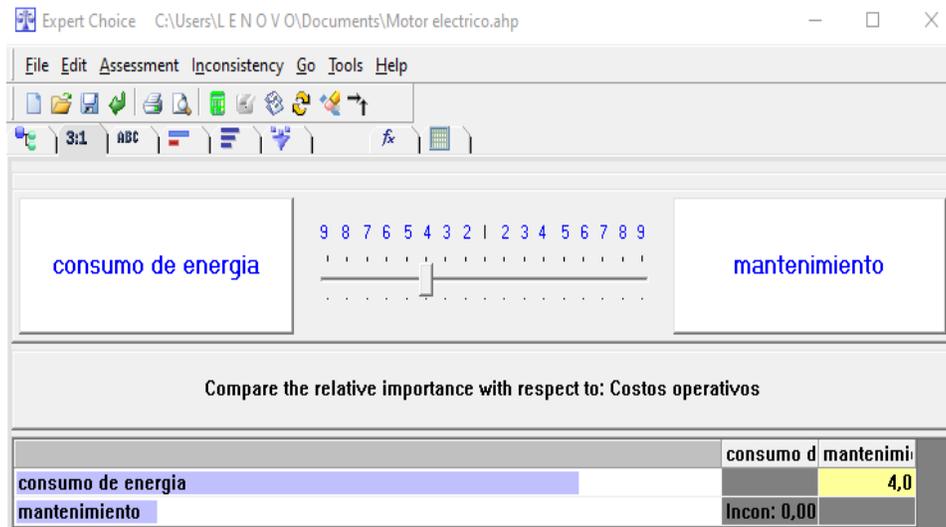
*Comparaciones numéricas entre criterios.*



*Nota.* En este Apartado muestra como Objetivo el Selección del motor eléctrico más adecuado para utilización del proyecto y los subcriterios a tomar en cuenta. Elaboración Propia.

**Figura 24.**

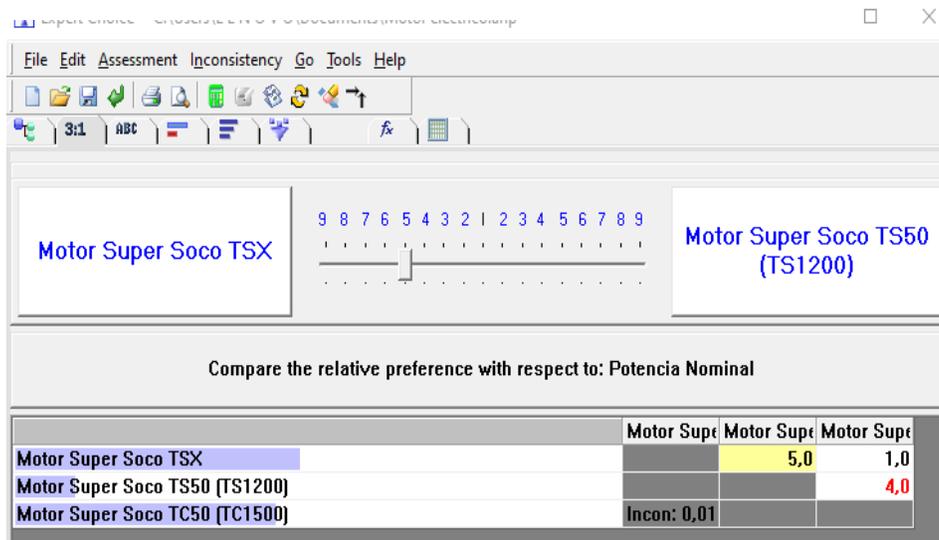
*Comparaciones numéricas entre subcriterios.*



*Nota.* Muestra las comparaciones que se da entre los subcriterios seleccionados con respecto a los costos operativos. Elaboración Propia.

**Figura 25.**

*Comparaciones numéricas entre alternativas.*

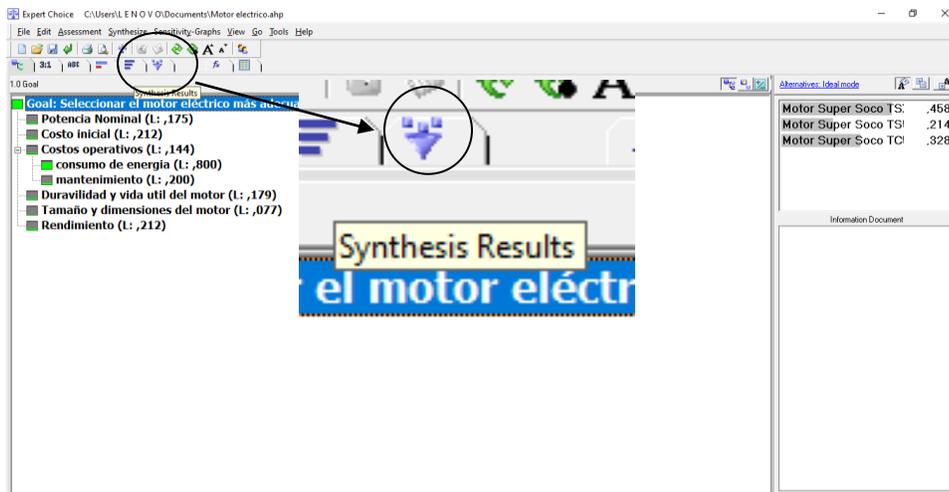


*Nota.* Es la comparación entre alternativas de motores seleccionados como óptimos para este proyecto. Elaboración Propia.

El botón Synthesis Results, que se muestra en la Figura 26, le permite ver la solución para cada nivel del modelo en Expert Choice desea conocer la solución general, seleccione el objetivo del modelo; Al resaltar el criterio y el subcriterio, las soluciones son visibles.

**Figura 26.**

*Botón síntesis de resultados.*



Nota. Se muestra el botón para visualizar los resultados obtenidos de la caracterización de los motere seleccionados. Elaboración Propia.

La inconsistencia del modelo de decisión es 0.08, la cual se considera aceptable si resulta ser menor a 0.10, que es la máxima desviación posible de la inconsistencia de los juicios de valor establecidos por el Saaty según la escala de referencia. (Nantes, 2019, pág. 61)

### ***5.11.1 Factores a tener en cuenta antes de las pruebas y la obtención de los resultados***

Para obtener pruebas de funcionamiento del motor, fue necesario crear un modelo que incluyera elementos que interfieren con el funcionamiento normal de la motocicleta, como frenos, motor eléctrico, ECU (controlador), panel de instrumentos y batería, como se muestra en la Figura 27. Esto se hizo para obtener parámetros operativos; la construcción del modelo le permite ejecutar pruebas y obtener resultados.

## **Figura 27.**

*Maqueta para obtención de datos*



*Nota.* La representación visual presenta el prototipo contemporáneo que engloba la totalidad de las interconexiones cableadas imprescindibles para el funcionamiento sistémico de una motocicleta. Dentro de su estructura primordial, se destacan elementos capitales como la batería, el motor eléctrico, el conversor DC/DC, el controlador, los frenos con un acople para medir la presión en ellos y el acelerador. Elaboración Propia.

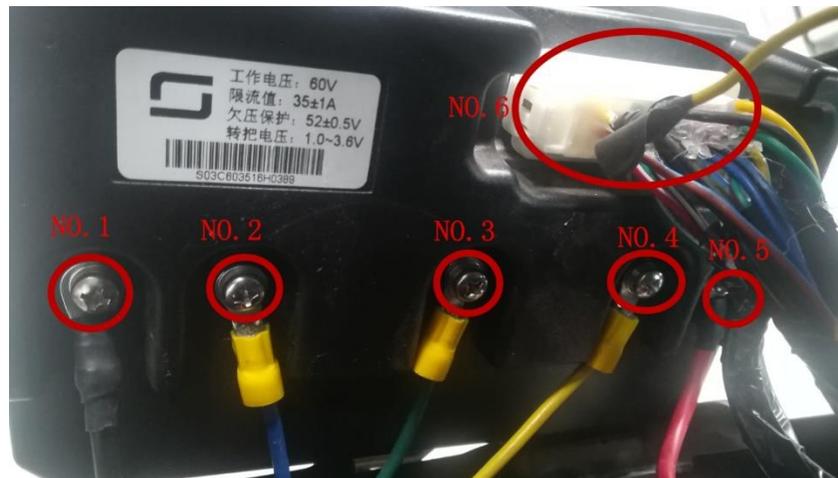
### ***5.11.2 Identificación de Pines***

#### **5.11.2.1 Controlador.**

El controlador se encarga de recibir las señales de todos los sensores y módulos y controlar los actuadores en función de la información proporcionada por estos. Se alimenta directamente de la batería.

**Figura 28.**

*Controlador y sus conexiones*



*Nota.* El controlador contiene un circuitado que consta de tiene cinco conductores: un conductor anódico, un conductor catódico para la celda de almacenamiento y tres conductores suplementarios asignados al propulsor trifásico. Por último, se presenta la terminal de asociación del regulador mencionado. Elaboración Propia.

**Tabla 6.**

*Diagrama del Cableado del Controlador*

N°	Descripción	N°	Descripción
1	Conector del polo negativo de la fuente de alimentación.	4	Conector de la línea de fase del motor
2	Conector de la línea de fase del motor	5	Conector del polo positivo de la fuente de alimentación.
3	Conector de la línea de fase del motor	6	Conector de línea de vehículos

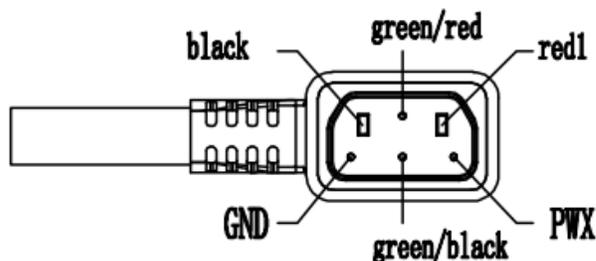
*Nota.* Esta tabla muestra la ubicación de los cables para el módulo del controlador. Fuente: Manual del Fabricante (2021).

### 5.11.2.2 Cable de alimentación de la Batería

Este cable, es el encargado de transportar corriente eléctrica y voltaje a lo largo de todo el sistema. Su función principal es permitir el flujo de electricidad de manera segura y eficiente, asegurando que la energía eléctrica llegue al sistema.

**Figura 29.**

*Cable de alimentación de batería*



*Nota.* Esquema del cable de alimentación de batería con su respectiva descripción. Tomada de “SuperSoco Intelligent Technology” [Fotografía]. SuperSoco Intelligent Technology CO. Lta, 2023.

**Tabla 7.**

*Pines del Cableado de la batería*

Cable	Descripción
Negro	Potencia Negativa
Verde/Rojo	485 A
Rojo 1	Alimentación Positiva 1
PWX	

Verde/Negro	485 B
GND	Tierra

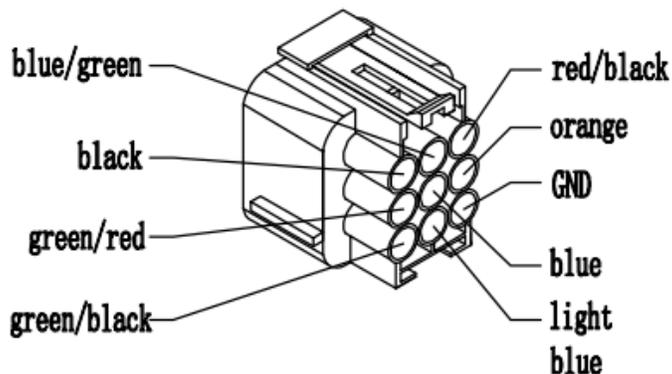
*Nota.* En esta tabla de muestra descripción de los cables para el cable de alimentación de batería.  
Fuente: Manual del Fabricante (2021).

### 5.11.2.3 Panel de instrumentos

El socket que tiene los pines de funcionamiento de la batería a través de las redes de comunicación 485A y 485B, como se muestra en la Figura 30, debido a que en el tablero de instrumentos se visualiza el funcionamiento de varios componentes de la motocicleta.

**Figura 30.**

*Socket del Panel de instrumentos*



*Nota.* Esquema del socket del panel de instrumentos con su respectiva descripción. Tomada de “SuperSoco Intelligent Technology” [Fotografía]. SuperSoco Intelligent Technology CO. Lta, 2023.

**Tabla 8.**

*Descripción de los Pines del Panel de Instrumentos*

Cable	Descripción
Negro	Potencia Negativa

Azul/Verde	Señal de Polarización
Rojo/Negro	12 V
Naranja	Conmutación izquierda
Azul	Señal de luz alta
Verde/Rojo	485 A
Verde/Negro	485 B
Azul claro	Conmutación derecha
GND	Tierra

*Nota.* En esta tabla de muestra descripción de los cables para el panel de instrumentos. Fuente: Manual del Fabricante (2021).

### 5.11.3 Componentes de la motocicleta.

En la siguiente tabla se detallan los componentes que se utilizarán en el ensamblaje de la motocicleta eléctrica.

**Tabla 9.**

*Matriz Morfológica*

Descripción	A
Motor	

---

Controlador



Batería



Tren delantero



Suspensión trasera



Control de velocidad



---

Sistema de Frenos



Chasis



Basculante



---

Nota. Componentes que se usaran para le armado de la maqueta de moto electrica, con el obeitivo de toma de datos.

## 5.12 Armado de la Motocicleta

La construcción de una motocicleta eléctrica comenzó con la construcción del chasis, que incluyó la instalación de tuberías estructurales para soportar el motor y las celdas eléctricas y garantizar su resistencia. (Jiménez, 2023)

**Figura 31.**

*Estructura del chasis y elementos complementarios*



*Nota.* Se observa el inicio de armado de la moto que tiene como componentes el chasis, tren delantero, tren trasero. Elaboración Propia.

Luego se instaló el tendido eléctrico y los componentes electrónicos de información y control, que permiten ver la velocidad, el estado de carga de la batería y el funcionamiento general de las luces.

**Figura 32.**

*Maqueta del motor electricos y componentes electrónicos*



*Nota.* Se observa terminada la maqueta con sus respectivos componentes instalados.

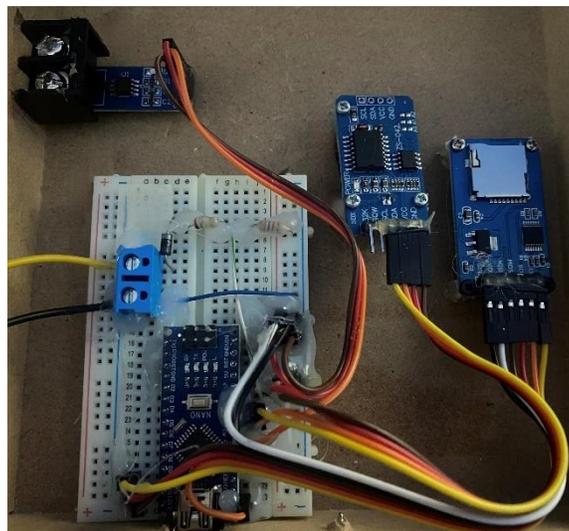
Elaboración Propia.

### 5.13 Circuito medidor de corriente

El circuito medidor de corriente permite monitorear en tiempo real el consumo de una motocicleta eléctrica, para evaluar su rendimiento energético y ofrecer datos de interés para la investigación.

**Figura 33.**

*Circuito medidor de corriente*



*Nota.* En la siguiente imagen se observa el circuito utilizado para obtención de datos, el cual se empleó un sensor de efecto hall por su precisión y facilidad integración. Elaboración propia.

El circuito consta de las siguientes componentes:

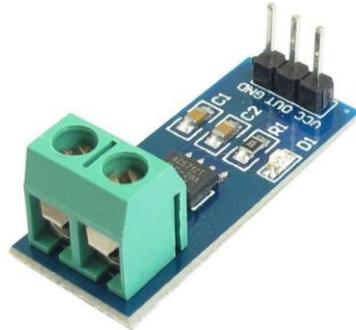
#### **Sensor de Corriente ACS712**

Este sensor es de efecto hall y de 30A, se usó este sensor con el propósito de abarcar el rango de corriente de una motocicleta eléctrica sin sobrepasar los límites de operación, este

sensor mide la corriente en el cable de alimentación de la batería hacia el motor, lo que nos proporciona una señal de voltaje proporcional a la corriente medida. (NAYLAMP MECHATRONICS, 2023)

**Figura 34.**

*sensor de corriente ACS712*



*Nota.* Sensor de corriente de efecto hall, es un circuito integrado ACS712 permite medir la cantidad de corriente que fluye. Tomada de “Tutorial sensor de corriente ACS712” [Fotografía], Naylamp Mechatronics,2023, [https://naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html).

**Arduino Nano V3.0 CH340**

Este microcontrolador procesa los datos obtenidos del sensor y registra la corriente en intervalos de tiempo ajustables cada segundo y fue elegido por su facilidad de utilización y por su capacidad de procesamiento en tiempo real. (Novatronic, 2024)

### Figura 35.

*Arduino Nano V3.0 CH340*



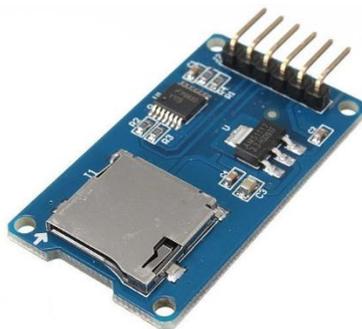
*Nota.* Este Arduino es basado en un microcontrolador ATMEGA328, que captura datos de sensores de corriente, temperatura, humedad. Tomada de “Arduino Nano V3.0 CH340” [Fotografía], novatronic,2024, <https://novatronicec.com/index.php/product/arduino-nano-v3-0-ch340/>.

### Modulo MicroSD

Nos permite almacenar los datos en una tarjeta microSD para poder tener un historial del consumo, está diseñada para acceder a la memoria microSD en modo SPI, lo que permite una transferencia de datos entre microcontroladores. (AV Electronics, 2019)

### Figura 36.

*Modulo MicroSD*



*Nota.* Este módulo puede ser alimentado con hasta 5V debido a su regulador de voltaje integrado. Tomada de “Modulo Lector Micro SD” [Fotografía], AV Electronic,2024, <https://avelectronics.cc/producto/modulo-micro-sd/?srsltid=AfmBOop6NgRIJ-IkNLpyRMGi9TbT2a7xfbaoAffFbJKHYc3-WCgU2xGr>.

## RTC (Real Time Clock)

Este componente nos permite tener un seguimiento preciso de la hora y fecha de los datos obtenido del circuito electrónico utilizado, ya que se reinicia el sistema cada vez que se apague, lo que lo mantiene es funcionamiento es una batería pequeña que lo alimenta siempre. (Geeks valley, 2024)

### Figura 37.

*RTC (Real Time Clock)*



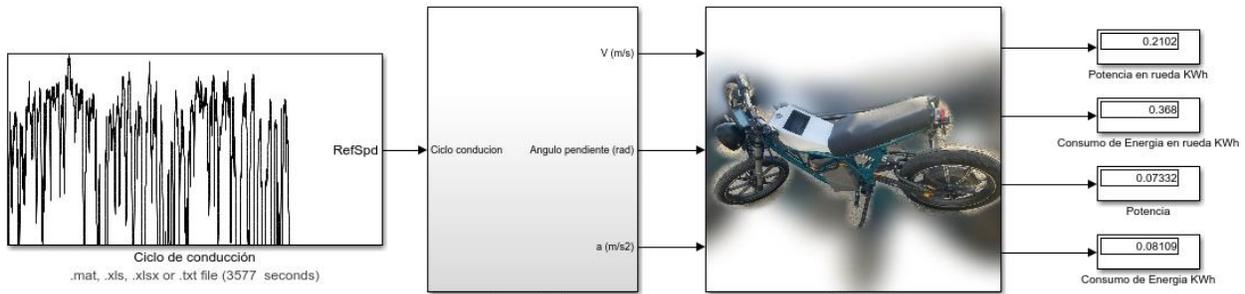
*Nota.* Este componente funciona en formato de 24 horas o en banda. Indicación AM/PM del formato de 12 horas. Tomada de “Reloj de tiempo real- RTC” [Fotografía], Geeks valley,2024, <https://geeksvally.com/en/product/rtc/>

## 5.14 Modelado Matemático

Para crear el modelo, el proyecto utilizó la herramienta Simulink de Matlab que se muestra a continuación.

**Figura 38.**

*Modelo matemático creado con Simulink*



*Nota.* En esta Imagen se observa el modelo matemático hecho en el programa Matlab en el apartado de Simulink. Elaboración Propia.

Los componentes principales de este modelo son el perfil de conducción y el vehículo. Cada uno de estos componentes se detallará en las secciones siguientes, donde se describirán sus respectivas funcionalidades y valores preestablecidos.

El modelo funciona de una manera muy sencilla. El bloque del perfil de conducción genera la velocidad (velocidad y aceleración) y el perfil de pendiente de la carretera para introducirlos en el bloque del vehículo, donde este bloque se encarga de determinar los requisitos de par y velocidad que debe cumplir el bloque del motor eléctrico.

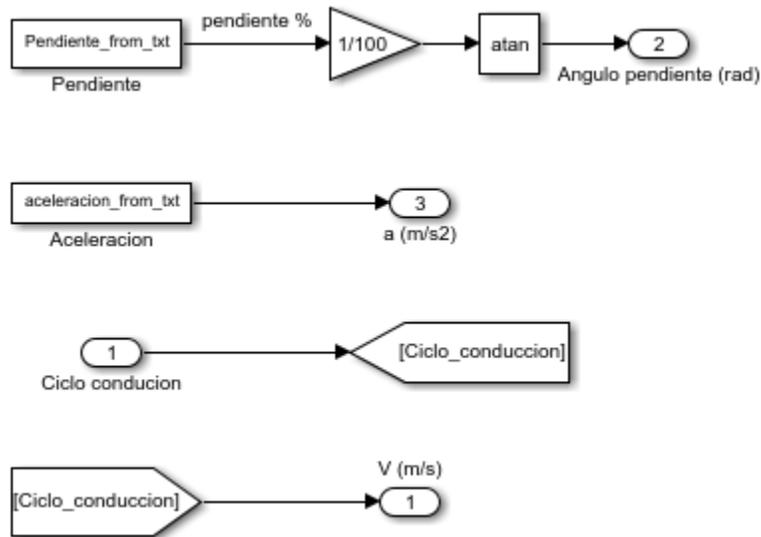
### **5.14.1 Perfil de Conducción**

Este bloque tiene la capacidad de convertir el ciclo de conducción de cualquier vehículo, incluidas las aceleraciones y las frenadas, en las variables esenciales para que el bloque Vehículo pueda calcular los requisitos de par y velocidad que el motor debe cumplir.

Para lograr esto, el bloque está conformado por los elementos que se muestran en la siguiente figura.

**Figura 39.**

*Modelo del bloque Perfil de Conducción*



*Nota.* Se observa los diferentes bloques que se usó para el perfil de conducción. Elaboración Propia.

Este bloque tiene la capacidad de calcular el ángulo de la pendiente en radianes (se debe ingresar en %) y la velocidad en m/s y la aceleración en  $m/s^2$ , como se muestra en la figura 39.

La simulación del modelo implementó el ciclo de Transitorio, su objetivo era proporcionar un ciclo de prueba universal y realista en términos de comportamiento de conducción diaria de motocicletas. (Giakoumis, Driving and Engine Cycles, 2017, pág. 179)

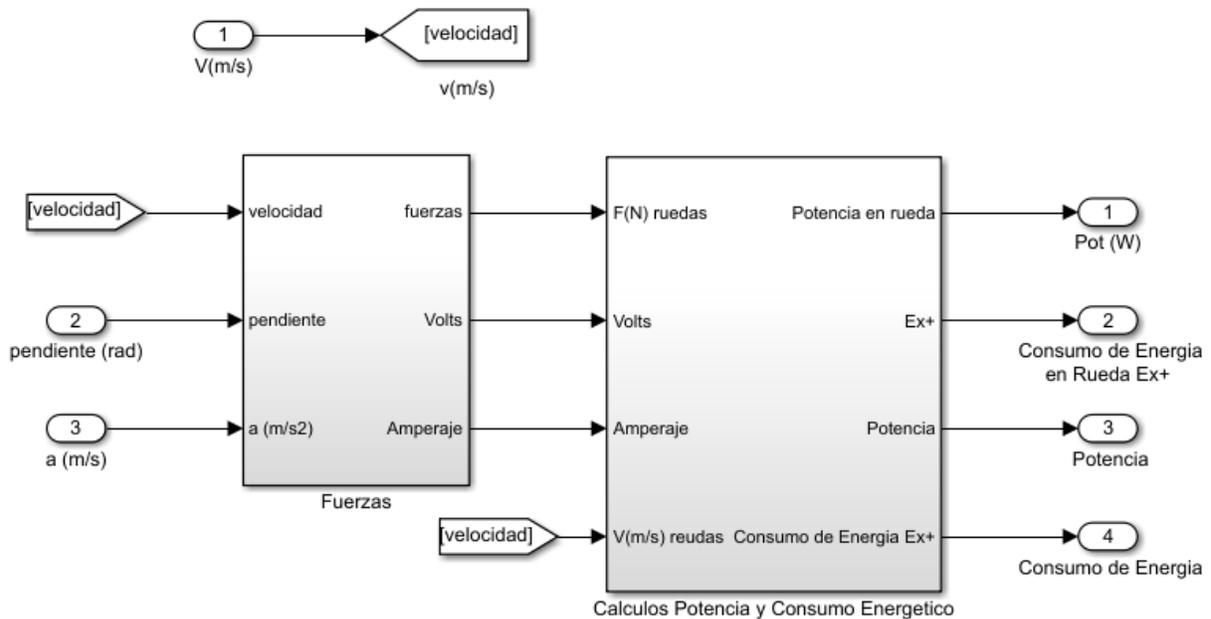
Inicialmente, se determinaron los módulos de velocidad del vehículo: por debajo de 60 km/h, entre 60 y 90 km/h, y por encima de 90 km/h. En una etapa posterior del desarrollo, se desarrolló un límite inferior a 50 km/h.

### 5.14.2 Vehículo

Este bloque es responsable de calcular el par y la velocidad del motor, así como la potencia requerida. Para lograr esto, el bloque está compuesto por los elementos que se muestran en la siguiente figura.

**Figura 40.**

*Modelo del bloque Vehículo*



*Nota.* esta figura representa los bloques que esta integra el bloque de vehículo. Elaboración Propia.

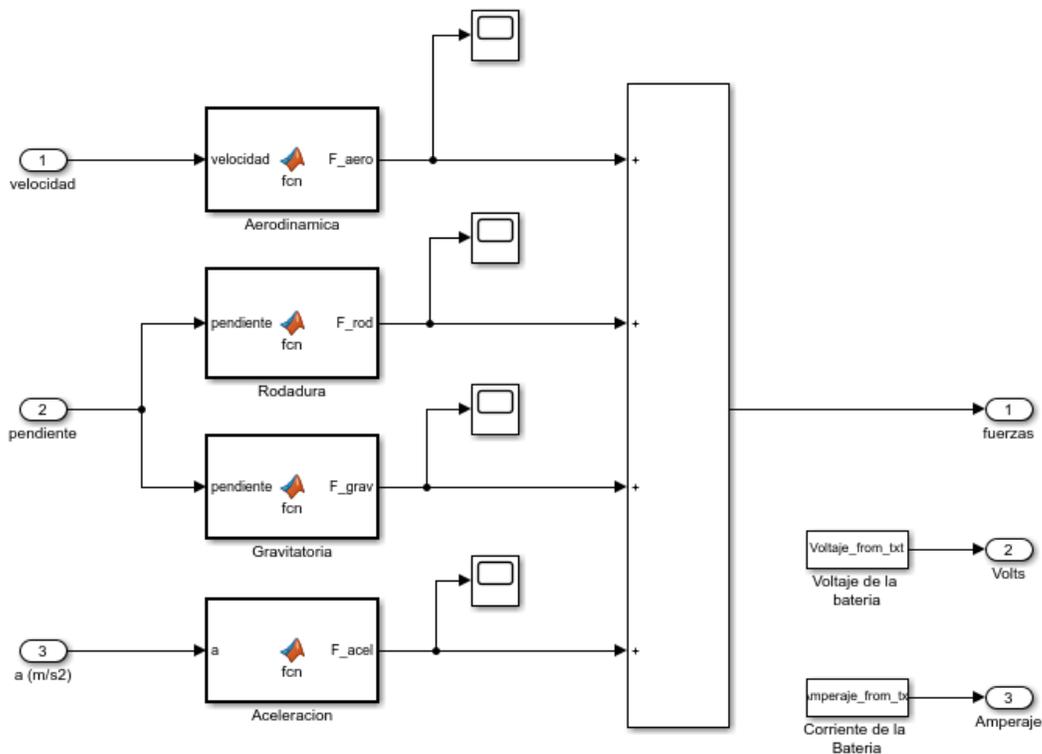
Además de calcular la potencia del motor, este bloque puede calcular el consumo de energía, que son las salidas que se introducen al bloque motor. Para lograr esto, es necesario tener acceso a las entradas de velocidad, aceleración y pendiente del bloque de perfil de conducción.

El bloque del vehículo tiene dos bloques internos que se utilizan para calcular, el consumo energético en rueda, consumo energético de la batería y la potencia del motor. Estos son el bloque de fuerzas del motor y el bloque de cálculos potencia y consumo energético.

El bloque Fuerzas contiene entradas como el bloque Perfil de Conducción determina la velocidad, la pendiente y la aceleración, y su salida es la suma de todas las fuerzas que el vehículo debe superar, así como también tiene salida de voltaje y amperaje. El bloque de cálculo de consumo de energía y potencia del motor usa esta salida como entrada.

**Figura 41.**

*Modelo del bloque fuerzas*



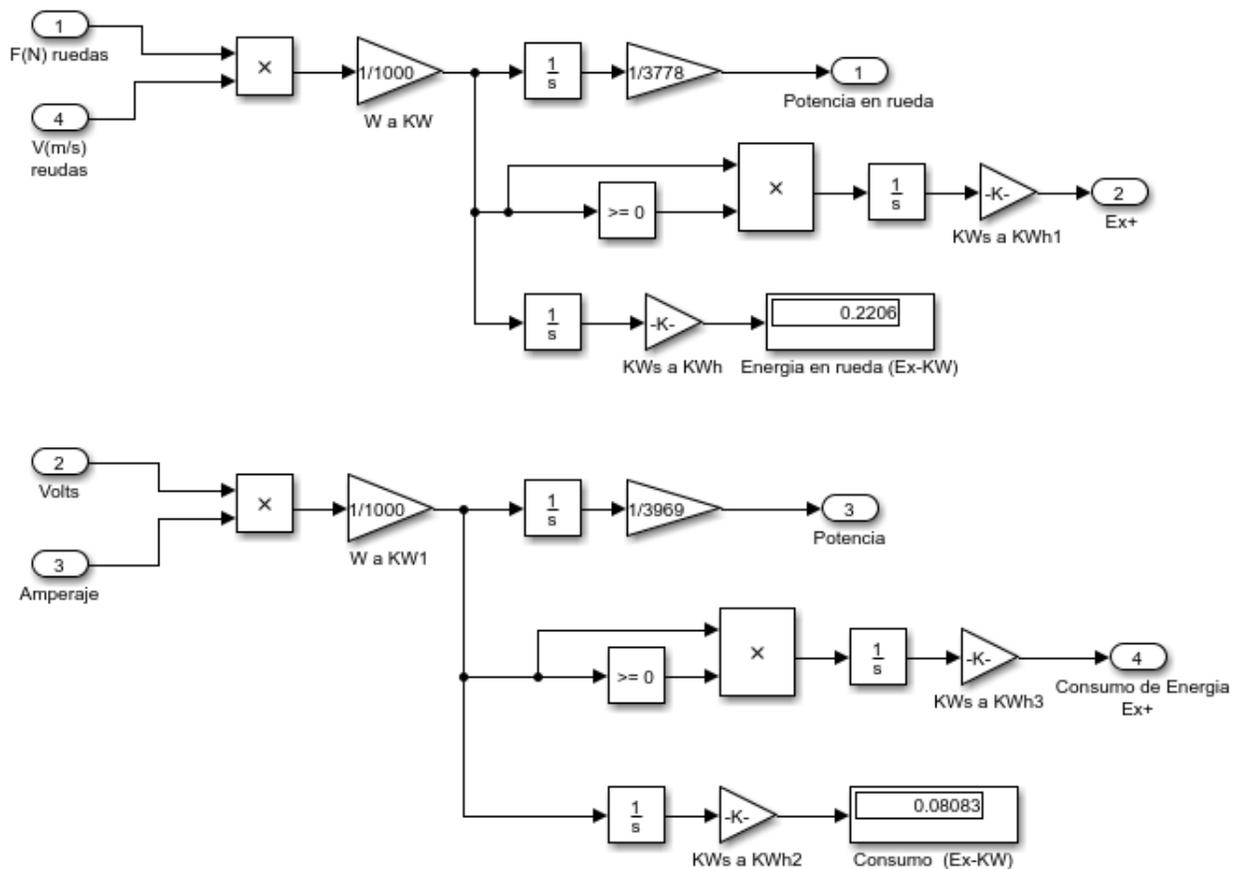
*Nota.* Esta figura muestra los bloques que se utilizó para calcular las todas las fuerzas de las ecuaciones de dinámica longitudinal. Elaboración Propia.

Las fuerzas de rodadura, aerodinámica, gravitatoria y aceleración son las fuerzas que el vehículo eléctrico necesita superar para moverse, como se muestra en la figura 41.

Dos entradas componen el bloque de cálculos potencia en rueda:  $F(N)$  ruedas del bloque de fuerzas,  $V (m/s)$  ruedas que son señales internas del bloque principal del vehículo y dos entradas de Volts de voltaje y Amperaje que son entradas para el cálculo de potencia real y consumo energético de batería. Sus salidas proporcionan la potencia real, consumo energético, potencia en rueda y consumo energético en rueda.

**Figura 42.**

*Modelo del bloque Calculo de Potencia, Par y Consumo Energético*



*Nota.* Esta fotografía representa los bloques que conforman para el cálculo de potencia y energías. Elaboración Propia.

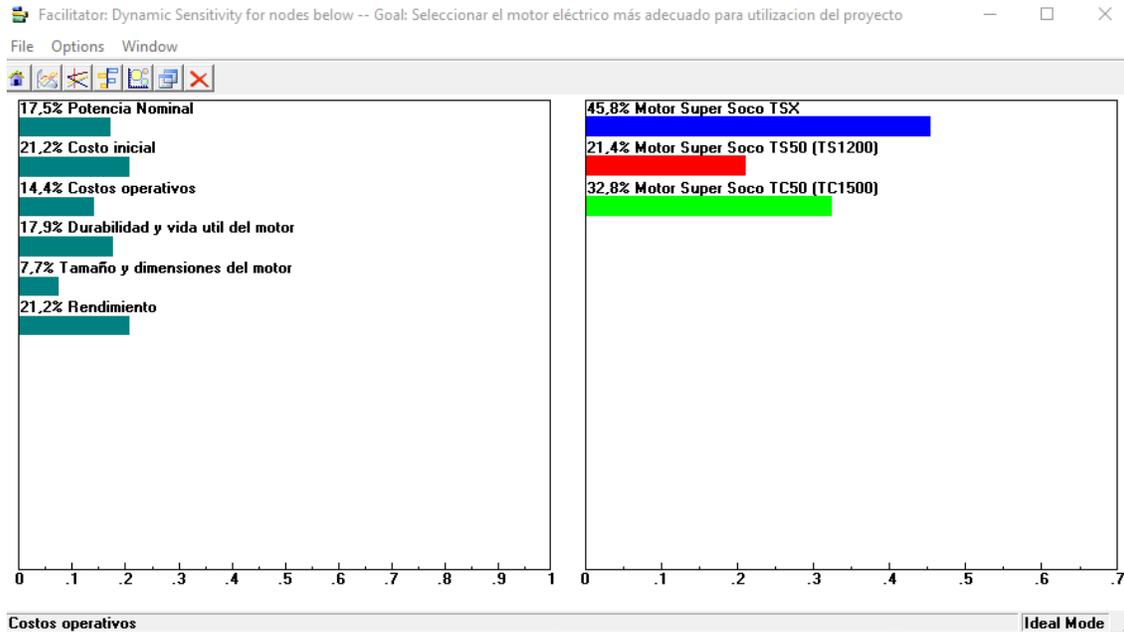
Una vez determinadas las la sumatorias de las fuerzas longitudinales, se procede a calcular la potencia, la cual se obtienen multiplicando las fuerzas totales por la velocidad, el par en rueda a través del producto de las fuerzas totales y el consumo energético en rueda por el producto de la potencia y el incremento de tiempo.

## 6 Resultados

### 6.1 Resultado del Análisis en Expert Choice

Figura 43.

*Resultado de Análisis en Expert Choice*



*Nota.* Después de evaluar los diferentes motores seleccionados se llega a la conclusión que el mejor optimo motor para la investigación es el motor super soco TSX con un 45.8%, luego el motor super soco TC50 (TS1500) con un 32.8 % y por último el motor super soco TS50 (TS1200) CON UN 21.4%.

Una vez que hemos completado el proceso de evaluación y análisis de los resultados obtenidos, hemos llegado a la conclusión de que el motor óptimo a ser utilizado en el proyecto es el Super Soco TSX. Esta elección se basa en una minuciosa consideración de múltiples factores técnicos, económicos y de rendimiento, así como la disponibilidad y el costo de adquisición.

## 6.2 Consumo de Energía de la motocicleta en rueda

La tabla 10 ilustra el uso de energía en movimiento, donde se calcula un valor de 0,36 kWh para el ciclo de conducción crítico sumando la trayectoria recorrida, en comparación con todas las energías positivas. El consumo de energía debido a la resistencia por pendiente es el más alto (0,169 kWh), seguido de la resistencia a la rodadura (0,092 kWh), la resistencia por inercia (0,090 kWh) y, por último, la resistencia aerodinámica (0,010 kWh).

**Tabla 10.**

*Consumo de Energía Positiva del Viaje*

<b>RESULTADOS CONSUMO DE ENERGIAS</b>			
Consumo de energía por resistencia aerodinámica (+)	E. Fd (+)	0.010131807 [KWh]	2.796120457 [%]
Consumo de energía por resistencia a la rodadura (+)	E. Rx (+)	0.092030849 [KWh]	25.39816752 [%]
Consumo de energía por resistencia por pendiente (+)	E. Rg (+)	0.169731981 [KWh]	46.84169887 [%]
Consumo de energía por resistencia por inercia (+)	E. Ri (+)	0.09045768 [KWh]	24.96401315 [%]
<b>Consumo de energía positiva</b>	Ex (+)	0.362352317 [KWh]	100 [%]

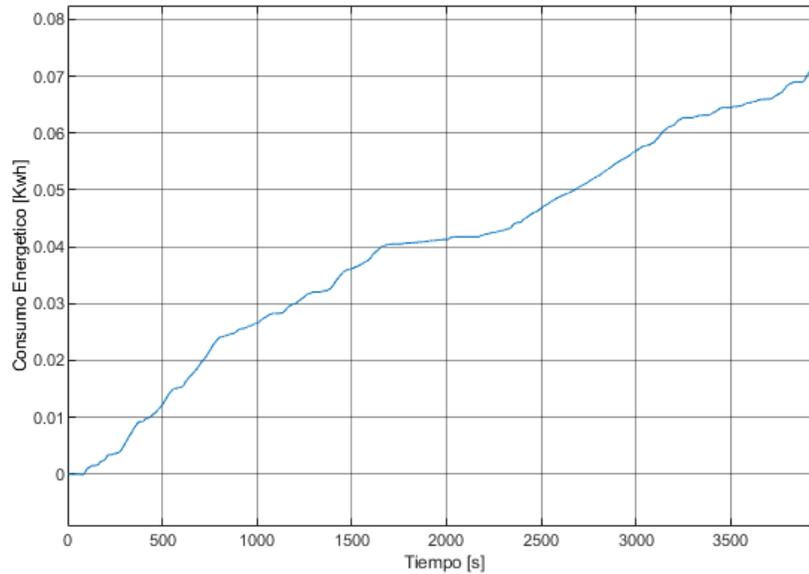
*Nota.* En esta tabla se muestra el consumo de energía demandado por las resistencias individuales, tanto en términos absolutos como en porcentaje. Elaboración Propia.

## 6.3 Consumo de Energía de la motocicleta

Con referencia a la figura Nro. 44 se presenta el consumo energético de una motocicleta eléctrica durante una ruta definida para un ciclo crítico de conducción, en el cual se realizó un recorrido de 21.50 km en promedio. El consumo energético registrado es de 0.08081 kWh, equivalentes a 80.81 Wh/km. Este valor refleja la cantidad de energía eléctrica utilizada por la motocicleta para completar su recorrido.

**Figura 44.**

*Consumo Energético de la Motocicleta*



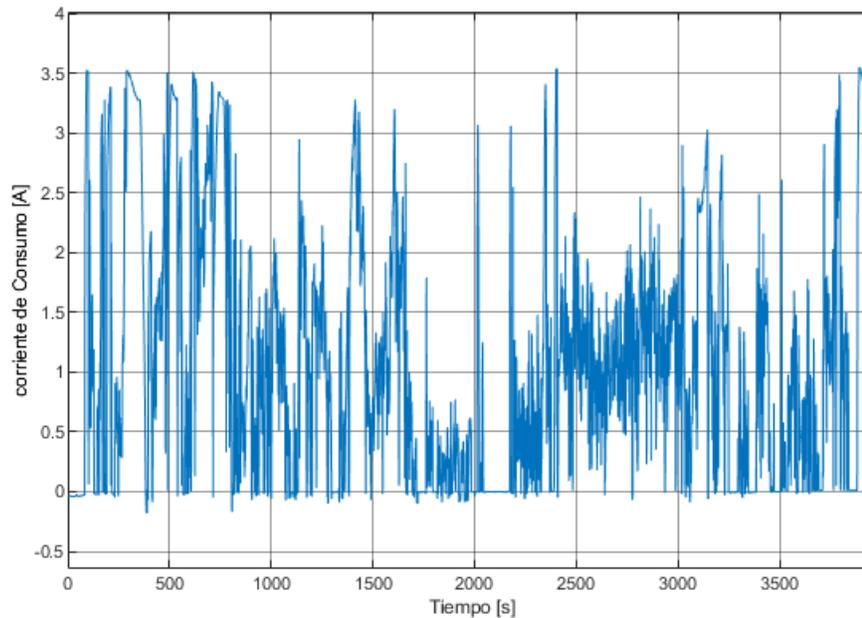
*Nota.* Se muestra el consumo energético total de la ruta del ciclo crítico. Elaboración Propia.

En los primeros 2000 Segundo de conducción, el consumo energético se incrementa de manera gradual, alcanzando aproximadamente 0.040 kWh. Esto sugiere que la motocicleta realiza una aceleración progresivamente de una manera constante en un terreno que se puede considerar con pendiente igual a cero. Entre los 2000 y 3500 segundos, el consumo energético se eleva en 0.80kWh, lo cual podría atribuirse a un cambio en las condiciones del terreno, como el ascenso por pendiente, donde el motor requiere un mayor consumo energético para mantener el desplazamiento.

## 6.4 Consumo de Corriente del Motor

**Figura 45.**

*Consumo Corriente del Motor vs Tiempo.*



*Nota.* Se observa la variación de corriente durante le trayecto seleccionado. Elaboración Propia.

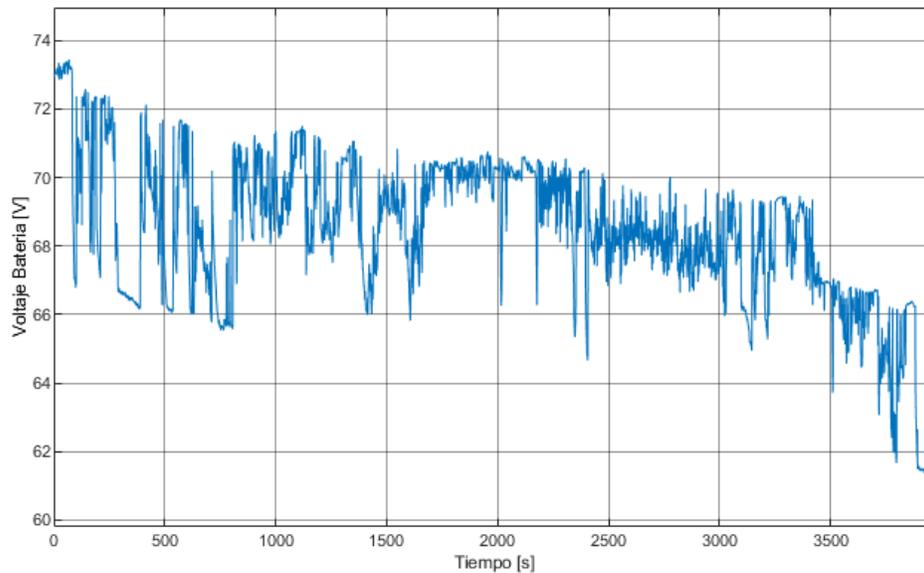
En la figura 45 se puede observar el consumo de corriente del motor en función del tiempo. Los valores oscilan entre un mínimo de 0.1 A y un máximo de 3.5 A. Esta fluctuación en valores de consumo se debe a la alta frecuencia de picos de corriente, posiblemente ocasionados por cambios en la aceleración, el tipo de terreno o la velocidad durante el trayecto.

En la primera mitad del recorrido se observa picos más altos y frecuentes, lo que indica un mayor esfuerzo en condiciones de la eficiencia del motor para desplazarse. En la segunda mitad de análisis de datos, los valores tienden a estabilizarse en niveles más bajos, lo que sugiere un consumo de corriente más eficiente.

## 6.5 Consumo de Voltaje de Batería

**Figura 46.**

*Consumo de Voltaje de Batería vs Tiempo*



*Nota.* Se observa la disminución progresiva de la batería en el la ruta evaluada. Elaboración Propia

En la figura Nro. 46 se representa la variación del voltaje de la batería en función del tiempo. La grafica muestra una tendencia decreciente de variación de voltaje, que comienza alrededor de 74 V y una disminución progresivamente hasta de 64 V aproximadamente. Esta reducción refleja el proceso de descarga de la batería a mediada que el motor se encuentra en funcionamiento durante una ruta crítica de conducción.

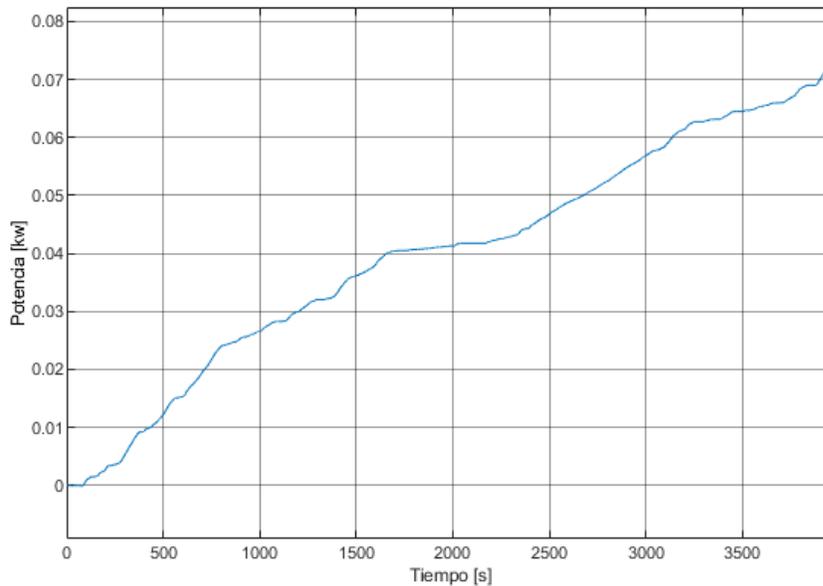
A lo largo del proyecto, se observa la variación de voltaje, con caídas y recuperaciones periódicas. Estas variaciones pueden atribuirse a cambios en la demanda de potencia del motor, en respuesta a factores como aceleraciones y desaceleraciones, pendientes ascendentes y

descendientes, o resistencia al avance. Este comportamiento evidencia que las condiciones dinámicas del recorrido influyen en la tasa de descarga de la batería.

## 6.6 Potencia

**Figura 47.**

*Potencia vs Tiempo*



*Nota.* Se evidencia como la potencia va en aumento durante el trayecto de la ruta. Elaboración Propia.

La grafica representa la potencia consumida por el motor en función del tiempo, se puede evidenciar un incremento progresivo de la potencia a lo largo del trayecto, comenzando desde 0kW y alcanzando un máximo de aproximadamente de 0.073 kW. La curva nos da como resultado una tendencia ascendente con incrementos escalonados, con valores que se aumentan de manera consecutiva durante el trayecto que van desde 0 hasta llegar a la potencia máxima de 0.073 kW, lo que nos evidencia variaciones en la demanda de potencia.

Estas variaciones pueden atribuirse a factores como pendientes, aceleraciones y el estilo de conducción, los cuales requieren ajustes en la potencia suministrada por el motor para mantener el rendimiento y la eficiencia durante el recorrido.

## 6.7 Resultados obtenidos de la simulación

En el siguiente apartado se evidencia los datos obtenidos de la investigación para el dimensionamiento del motor eléctrico in-wheel de imanes permanentes tipo síncrono, en el trayecto de la ruta establecida de mayor demanda de las diferencias ponderadas, el cual se tomó en cuenta el ciclo crítico para obtención del consumo y potencia del motor.

**Tabla 11.**

*Resultados de la investigación*

<b>RESULTADOS</b>	
Potencia máxima del motor	0.073 kW
Consumo de energía	0.08081 kWh/km o 80.81 Wh/km
Voltaje nominal de la batería	73.45 V
Corriente de consumo del motor máxima	3.55 A
Velocidad máxima	41.58 Km/h
Pendiente	46.84%
Autonomía	28.3 km

*Nota.* tabal resumen de los datos obtenido de la simulación del modelo matemático. Elaboración Propia.

## 7 Discusión

Para comprender el comportamiento de la motocicleta eléctrica en la ruta urbana designada, se empleó el método de diferencias mínimas ponderadas (MWD-CP). Este método implica sumar todas las energías asociadas con las rutas de los viajes para identificar el ciclo de conducción crítico que presenta la mayor resistencia.

Durante la ruta de viaje del CDC, se registró un consumo total de energía de 0.08081 kWh o 80.81 Wh/km, por lo que la resistencia por pendiente se convirtió en el factor más dominante, con un 46.84 %. Esto puede atribuirse a que en la ruta seleccionada presenta una inclinación pronunciada con una pendiente máxima del 24.60%. La resistencia por rodadura contribuye al 25.39 % del consumo del consumo total, según un coeficiente de rodadura de 0,02 específico del vehículo eléctrico analizado, la resistencia por inercia representa el 24.96 % del consumo de energía, la resistencia aerodinámica es la que menos influye en el consumo de energía, con un 2.79 %, principalmente por el diseño, la velocidad y el coeficiente aerodinámico del vehículo, que es del 0,318.

Según (Banús, 2021) el consumo de energía de una moto eléctrica es de 0.06568 Kw/h o 65.68 kWh/Km, a diferencia del estudio realizado en el cual para el viaje se obtuvo un consumo de 0.08081 kWh/Km o 80.81 Wh/km. Estos datos varían en función del tipo de ruta, velocidad, pendiente, densidad y necesidades del conductor.

## 8 Conclusiones

El proceso de dimensionamiento del motor mediante un modelo numérico matemático permitió seleccionar un motor adecuado que cumple con las especificaciones requeridas para el proyecto. Este modelo proporcionó una base teórica sólida para predecir el rendimiento del motor antes de la implementación práctica.

Mediante la investigación realizada se ha determinado que el TDC de las rutas obtenidas es el viaje 4 con una sumatoria ponderada de 0.91 que es el más bajo y el CDC de las rutas obtenida es el viaje 13 con una sumatoria ponderada de 8.30.

Sobre la base de los datos recopilados durante la ruta de viaje en el ciclo crítico, se ha determinado que el consumo de corriente es de 3.5 A, la potencia es de 0.073 kw, el consumo energético es de 0.08081 kwh o 80.81 Wh/km, donde la resistencia por pendiente fue mayor con un 46.84%, con una velocidad máxima de 41.58 km/h y con una autonomía de 28.3 km.

Mediante el análisis comparativo entre el consumo energético obtenido y el investigado el de una motocicleta eléctrica, nos da una diferencia del 23.09%. Ya que el consumo de energía obtenido es de 80.81 Wh/Km, mientras que el consumo de energía investigado es de 65.68 Wh/km. Esta diferencia puede atribuirse a varios factores, como las condiciones de conducción, las variaciones del terreno, el peso del operador, condiciones climáticas, que afectan significativamente al rendimiento en circunstancias reales de conducción.

Las simulaciones realizadas mostraron cómo el motor se comporta bajo diversas condiciones de carga y operativas, proporcionando una visión detallada de su desempeño y confiabilidad en diferentes escenarios.

## 9 Recomendaciones

Ampliar el modelo numérico para incluir más variables, como factores ambientales (temperatura, humedad) y tolerancias de fabricación. Esto ayudará a mejorar la precisión de las predicciones.

Desarrollar e implementar estrategias de control avanzadas que permitan adaptar el comportamiento del motor en tiempo real, mejorando su respuesta a variaciones en la carga y otras condiciones operativas

Explorar y adoptar tecnologías de simulación más avanzadas, como la simulación basada en inteligencia artificial, para mejorar la precisión y eficiencia del proceso de desarrollo.

Asegúrese de que los dispositivos que se utilizan para la adquisición de datos estén conectados correctamente, ya que cualquier conexión defectuosa o suelta a lo largo de la ruta puede tener un impacto directo al interrumpir el proceso de recopilación de datos. Esto puede provocar la pérdida de la recopilación de datos en la ruta y también una pérdida de tiempo innecesaria.

## 10 Bibliografía

- AEADE. (2020). *Asociación de Empresas Automotrices de Ecuador*. Obtenido de AEADE: <https://www.aeade.net/>
- AR Motos electricas . (18 de marzo de 2021). Obtenido de <https://www.armotoselectricas.com/caracteristicas>
- Ares, J. U. (2023). Estudio aerodinámico de dos versiones del mismo modelo de turismo. Barcelona, España.
- AV Electronics. (2019). *Módulo Lector Micro SD*. Obtenido de <https://avelectronics.cc/producto/modulo-micro-sd/?srsltid=AfmBOop6NgRIJ-IkNLpyRMGi9TbT2a7xfbaoAffFbJKHYc3-WCgU2xGr>
- Avalos Haro, J. C., & Arevalo Barragan, S. A. (2019). IMPLEMENTACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA EN UN PROTOTIPO SOLAR DE COMPETENCIA POR MEDIO DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS DE DISEÑO. RIOBAMBA, ECUADOR.
- Banús, A. C. (2021). Análisis y modelado del sistema de propulsión de una moto eléctrica de hasta 10 kW de potencia. Barcelona, España.
- Barraza, S. (2022). *Motochi-e: diseño de prototipo conceptual para carenado de motocicleta eléctrica*.
- Becerril Sandoval, J. A. (2014). Diseño de etapa de potencia y control para un motor brushless de CD con frenado regenerativo aplicado a una moto deportiva eléctrica. Ciudad de Mexico, Mexico.
- Bonettomotos. (2019). Harley-Davison LiveWire La moto que marcara el futuro de la marca. *Bonettomotos*.
- Borja, C., & J., S. (2022). Determinación de parámetros eléctricos de motores y generadores Ac y Dc en el módulo Lab Volt. Latacunga, Ecuador.
- Boschi, G., Molina, G. A., Carrazan, L. A., & Deleu, M. (2019). *Simulación del comportamiento de motores monofásicos de inducción*. *Ciencia y tecnología*, 85-102.
- Callejas, A. O. (2015). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje del concepto de voltaje, con los estudiantes de grado décimo del Colegio Alberto Lleras Camargo. Bogotá , Colombia.
- Carey, J. (26 de 02 de 2021). *EV central*. Obtenido de <https://evcentral.com.au/why-dont-evs-have-four-in-wheel-motors/>
- Cassalter, V. (2006). *MOTORCYCLE DYNAMICS*. Padua, Italia: Race Dynamics.
- CLR Compañía Levantina de Reductores. (22 de 05 de 2017). *CLR Compañía Levantina de Reductores*. Obtenido de <https://clr.es/blog/es/motores-corriente-continua-alterna-seleccion/>

- Cossalter, V. (2006). *Google Books*. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=rJTQxITnkgC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_su&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=rJTQxITnkgC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_su&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- Di Rado, G. R., Presta Garcia, D. S., & Devincenzi, G. H. (22 de 11 de 2013). ANALISIS DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA INTERFACE NEUMÁTICO – CARRETERA. MODELOS DE SIMULACIÓN DE ACELERACION. Mendoza, Argentina.
- Diaz, & Y. (30 de 08 de 2022). CON CAMPAÑAS Y OPERATIVOS SE PRETENDE REDUCIR ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN MOTOS. Loja, Loja, Ecaudor.
- DOFA ELECTRIC BIKE. (20 de 04 de 2023). *DOFA ELECTRIC BIKE*. Obtenido de <https://www.dofabike.com/blog/5-things-about-electric-motorcycle-hub-motor>
- Energica. (2023). *Energica*. Obtenido de <https://www.energicamotor.com/es/>
- Enriquez, & Quispe. (2022). Estudio de eficiencia energética en arranques de motores trifásicos de 1hp para sistemas de bombeo. Latacunga, Ecuador.
- Europa Press. (7 de 11 de 2018). *El Economista*. Obtenido de <https://www.eleconomista.es/ecomotor/novedades/noticias/9502772/11/18/LiveWire-la-primera-moto-electrica-de-HarleyDavidson-debuta-en-Europa-poco-antes-de-llegar-al-mercado-.html>
- Figueroa, D. S. (2017). Obtencion de un ciclo tipo de conduccion para los vehiculos de la union de taxis en azuay. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- FLUKE. (2022). *FLUKE*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-88v>
- Frias, P., & Roman, J. (s.f.). VEHICULO ELECTRICO: SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. *Vision Tecnologica*, 20.
- Fuentes, C. R. (2023). Escuela de Ingenieria Electrica de la Univiersidad de el Salvador. *Propuesta de implementación de un laboratorio de pruebas de motores eléctricos de corriente alterna en cumplimiento al reglamento técnico salvadoreño*. Salvador.
- GARCÍA, G. (15 de 10 de 2021). *Hibridos y Electricos*. Obtenido de [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/direct-drive-sistema-motores-rueda-vehiculos-electricos-hitachi\\_49937\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/direct-drive-sistema-motores-rueda-vehiculos-electricos-hitachi_49937_102.html)
- Geeks valley. (2024). *Reloj de tiempo real – RTC*. Obtenido de <https://geeksvally.com/en/product/rtc/>
- Giakoumis, E. G. (2017). *Driving and Engine Cycles*. Springer International .
- Giakoumis, E. G. (2017). *Driving and Engine Cycles*. Atenas: Springer .

- Gómez, A. H. (10 de 09 de 2014). DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCION PARA EL AREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE-AMCO. PEREIRA, RISARALDA, COLOMBIA.
- GREENPEACE. (2018). LIBERTAD PARA RESPIRAR. *GREENPEACE*, 16.
- Heredia Borja, M. M., & Intriago Bernita, R. H. (08 de 2015). Analisis de sistemas trifasicos de transformadores conexion D-Y. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Huertas, J. I., Diaz, J., Cordero, D., & Cedillo, K. (2017). A new methodology to determine typical driving cycles for the design of vehicles power trains. *Springer-Verlag*. doi:DOI 10.1007/s12008-017-0379-y
- Isidro, S. C. (2023). *Determinación De La Huella De Carbono Para La Mitigación De Gases De Efecto Invernadero En La Empresa Alquimodul SAC.* .
- jfer. (17 de 01 de 2022). *Sahifa*. Obtenido de <https://infoagrico.com/diagramas-electricos/manual-uso-del-osciloscopio-automotriz-pdf/>
- Jiménez, A. F. (9 de Noviembre de 2023). Diseño generativo del chasis de una moto eléctrica de trayecto urbano. Loja, Loja, Ecuador.
- Ji-Young Lee, B.-C. W.-M.-S. (2017). In-wheel Motor Design for an Electric Scooter. *J Electr Eng Technol*, 2093-7423.
- Karthik, S. H. (03 de 05 de 2019). *Circuit Digest*. Obtenido de <https://circuitdigest.com/article/different-types-of-motors-used-in-electric-vehicles-ev>
- Londoño Parra, C. M., & Ramirez Echavarría, J. L. (2013). Normas de Eficiencia Energética de Motores de Inducción, ¿Está Preparada Latinoamérica? *Tecnologicas*.
- Lozano, E. G. (2021). *Aplicación de la gestión estratégica del mantenimiento para aumentar la disponibilidad y utilización de la flota de locomotoras de modelo electro motive Diesel en Southern Peru Copper Corporation*.
- Lugue, J. C. (20 de 02 de 2019). *Car and Driver* . Obtenido de <https://www.caranddriver.com/es/estilo-de-vida/a58506/moto-electrica-motor-rueda-rmk-e2/>
- Madiouni, I. T. (2023). *Comprobaciones y ensayos estáticos recomendados durante el proceso de aceptación de motores eléctricos*.
- Matevosyan, R. (2021). *Control vectorial del par motor de un motor brushless (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València)*.
- MathWorks. (2023). *MathWorks*. Obtenido de [https://la.mathworks.com/help/simulink/index.html?s\\_tid=srchtitle\\_simulink\\_1](https://la.mathworks.com/help/simulink/index.html?s_tid=srchtitle_simulink_1)
- MCB. (17 de 10 de 2022). *mcb*. Obtenido de <https://www.mcb.com.mx/cuales-son-las-partes-de-un-motor-electrico-y-sus-funciones/>

- Merino, P. R. (2022). Definición de un ciclo de conducción representativo para taxis eléctricos en la ciudad de Loja. Loja, Loja, Ecuador.
- Miguel, L. N. (11 de 10 de 2013). Diseño y Analisis de un chasis de motocicleta electrica. Distrito Federal, Mexico.
- Miller, J. M. (2004). *Propulsion Systems for Hybrid Vehicles*. London: The Institution of Electrical Engineers.
- Montecelos, J. T. (2019). *Vehiculos Electricos*. España: Ediciones Paraninfo SA.
- Moscoso, D. F. (2017). Analisis energetico de un sistema de movilidad electrico alternativo. *Tecnologia ESPOL*, 24-50.
- MOTOCYCLES, P. (07 de 2001). *WORKSHOP MANUAL SCOOT'ELEC*. Obtenido de [https://scootergrisen.org/scooterhjemmeside/download/peugeot\\_scootelec\\_diagnostic.pdf](https://scootergrisen.org/scooterhjemmeside/download/peugeot_scootelec_diagnostic.pdf)
- Nantes, E. A. (2019). EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES. REPASO DE LA METODOLOGÍA Y APLICACIONES. *Universidad Nacional del Sur*, 54-73.
- Navalon, I. (2018). *Diseño y programación de un sistema de control basado en microcontrolador para el motor de una bicicleta eléctrica (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València)*.
- Naylamp Mechatronics. (28 de 06 de 2023). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20RS485%20est%C3%A1%20defini>
- NAYLAMP MECHATRONICS. (2023). *Tutorial sensor de corriente ACS712*. Obtenido de [https://naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html)
- Novatronic. (2024). *Arduino Nano V3.0 CH340*. Obtenido de <https://novatronic.ec.com/index.php/product/arduino-nano-v3-0-ch340/>
- Orbe, D. G. (2024). *Revista Tecnica Energia*. Obtenido de Estimación y Análisis de Sensibilidad del Consumo Energético de Buses Eléctricos mediante Simulaciones Microscópicas en líneas de Transporte Público.: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2602-84922024000200105&script=sci\\_abstract](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2602-84922024000200105&script=sci_abstract)
- Pajuelo Valle, J. S. (2017). CLASIFICACIÓN DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA SEGÚN SU FORMA DE EXCITACIÓN. *CITE energia Lima/Silicon Technology*, 4.
- Palacios, J., & Vinuesa, J. (2012). Estudio de factibilidad para la implemetacion de un sistema de restriccion de flujo vehicular en la cuidad de Cuenca. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Palanivendhan, M., Nagpal, D., Rao, D. A., Philip, J., & Ganapathi, M. S. (24 de 03 de 2021). Design and analysis of an aerodynamic kit for a two wheeled race motorcycle. *ELSERVIER*, 7246.

- Partesdel.com. (05 de 2017). *Parresdel.com*. Obtenido de [https://www.partesdel.com/motor\\_electrico.html](https://www.partesdel.com/motor_electrico.html)
- Patiño V., J. L. (03 de 2018). Maquinas Electricas (Taller V) Motores de Corriente Continua. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2022/09/07/corriente-alterna-vs-corriente-continua/>
- Portal, L. R. (Septiembre de 2021). DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS. Tenerife, Santa Cruz, España.
- Quesada, B., C., K., & A., P. (2019). Propuesta de plan de comunicacion integral de mercado para introduccion al mercado nacional de la motocicleta electrica marca ZERO.
- Rebollo, D. P. (2021). Diseño del layout de los componentes en moto electrica: proyecto MotoStudent.
- Rodríguez, R. H. (2014). DISEÑO DE UN MOTOR SINCRONO DE IMANES PERMANENTES PARA SU APLICACION EN UN VEHICULO ELECTRICO. 15. Madrid, España.
- Ros Marin, J. A., & Barrera Doblado, Ó. (2017). Vehiculos Electricos e hibridos. En J. A. Ros Marin, & Ó. Barrera Doblado, *Vehiculos Electricos e hibridos* (págs. 8-9). España: Paraninfo.
- SERNA, O. E. (03 de 09 de 2014). DISEÑO DEL TREN DE POTENCIA DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA. Pereira, Risaralda, Colombia.
- Simon. (10 de 01 de 2019). *Simon*. Obtenido de <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>
- Super Soco. (2024). *Super Soco*. Obtenido de <https://vmotosoco.ar/soco-tsx/>
- SUPER SOCO. (2024). *SUPER SOCO*. Obtenido de <https://vmotosoco.ar/soco-tsx/>
- Tapia, P., Tigre, V., & Torres, F. (2017). Determinacion del consumo de combustible de vehiculos en base a los ciclos de conduccion EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamometrio de chasis. Caso de estudio: vehiculos Hyundai Santa Fe 2.7L V6, 2009 y Chery QAC 1.0L, 2017. *INFOCIENCIA*, 6-7.
- Vacas, E. (2024). *COMPARATIVA DE LA HUELLA MEDIOAMBIENTAL EN EL CICLO DE VIDA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS FRENTE A LOS DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA*.
- Velez Loaiza, S. C., & Vera Vanegas, A. V. (2016). Obtencion de los parametros necesarios para el calculo de la fuerza en rueda de vehiculos electricos. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- WEG MOTORS. (03 de 2023). *WEG MOTORS*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgkclefindmkaj/<https://static2.weg.net/medias/downloadc>

enter/hf9/hcf/WEG-WMO-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf

Weis, O. (02 de 12 de 2020). *Electronic Team Inc.* Obtenido de <https://www.eltima.com/es/article/9-pin-serial-port.html>

Zagorodny, J. P. (2023). *Gestión integral de las baterías fuera de uso de vehículos eléctricos en el marco de una estrategia de economía circular.*

Zagorodny, L. (2023). *Gestión integral de las baterías fuera de uso de vehículos eléctricos en el marco de una estrategia de economía circular.*

## 11 Anexos

### Anexo 1. Ensamble de la motocicleta eléctrica

En las siguientes fotografías se evidencia el ensamble de todas las piezas de la moto eléctrica con el fin de adquirir los datos necesarios para las pruebas experimentales.



## Anexo 2. Programación en Matlab

Códigos de Todas las Fuerzas obtenidas

### Fuerza Aerodinámica

```
function F_aero = fcn(velocidad)
%#codegen
Cd=0.3;
A=0.5;
D_aire=0.88;
F_aero=((1/2)*Cd*A*D_aire*velocidad^2);
```

### Fuerza Rodadura

```
function F_rod = fcn(pendiente)
%#codegen
fr=0.032;
M=162.2;
g=9.81;
F_rod=fr*M*g*cos(pendiente);
```

### Fuerza Gravitatoria

```
function F_grav = fcn(pendiente)
%#codegen
M=162.2;
g=9.81;
F_grav=M*g*sin(pendiente);
```

### Fuerza Aceleración

```
function F_acel = fcn(a)
%#codegen
M=162.2;
F_acel=M*a;
```

Códigos Para obtención de pendiente, aceleración, distancia

### Pendiente

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('Pendiente.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'Pendiente_from_txt', data);
```

### Aceleración

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
```

```
data = load('aceleracion.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'aceleracion_from_txt', data);
```

### Distancia

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('distancia.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'distancia_from_txt', data);
```

## Códigos para obtención del consumo energético en rueda

### Resistencia aerodinámica

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('E_Fd.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'E_Fd_from_txt', data);
```

### Resistencia a la rodadura

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('E_Rx.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'E_Rx_from_txt', data);
```

### Resistencia por pendiente

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('E_Rg.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'E_Rg_from_txt', data);
```

### Resistencia por inercia

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('E_Ri.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'E_Ri_from_txt', data);
```

### Consumo energético positivo

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
```

```

data = load('E_x.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'E_x_from_txt', data);

```

### Código para la gráfica de consumo energético en rueda

```

hold on
plot(tiempo_from_txt,E_Fd_from_txt,tiempo_from_txt,E_Rx_from_txt,tiempo_from_
txt,E_Rg_from_txt,tiempo_from_txt,E_Ri_from_txt,tiempo_from_txt,E_x_from_txt)
ylabel("Consumo Energetico [kWh]")

hold off

%Leyenda
legend('Consumo de energia por resistencia aerodinamica (F_d)', 'Consumo de
energia por resistencia a la rodadura (R_x)', 'Consumo de energia por
resistencia a la pendiente (R_g)', 'Consumo de energia por resistencia a la
inercia (R_i)', 'Demanda energtica en rueda (E_x)')
xlabel("Tiempo [s]")

```

### Código Para calcular el consumo energético total de batería

```

% Datos de ejemplo
V = Voltaje1_from_txt; % Voltaje en volts
I = Amperaje1_from_txt; % Corriente en amperes
dt = 1; % Intervalo de tiempo en segundos

% Calcular la potencia instantánea en watts (W)
P_Watts = V .* I;

% Convertir la potencia a kilovatios (kW)
P_kW = P_Watts / 1000;

% Calcular el consumo energético acumulado en kilovatios-hora (kWh)
W_kWh = cumsum(P_kW) * dt / 3600; % Convertir segundos a horas

% Tiempo (asumiendo un tiempo de muestreo constante)
t = 0:dt:(length(V)-1)*dt;

% Graficar el consumo energético acumulado en kWh
figure;
plot(t, W_kWh, '-', 'LineWidth', 2);
xlabel('Tiempo (s)');
ylabel('Energía Acumulada (kWh)');
title('Consumo Energético Acumulado');
grid on;

% Calcular el consumo energético total en kWh
energia_total_kWh = sum(P_kW) * dt / 3600; % Convertir segundos a horas

```

```
% Mostrar los resultados

disp(['Consumo Energético Total: ', num2str(energia_total_kWh), ' kWh']);
```

## Voltaje

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('Voltaje.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'Voltaje_from_txt', data);
```

## Amperaje

```
% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('Amperaje.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'Amperaje_from_txt', data);
```

## Código para la potencia

```
% Datos de ejemplo
tiempo = tiempo_from_txt; % en segundos
velocidad = Velocidad_from_txt; % en m/s
par = Par_from_txt; % en Nm

% Calcular la potencia instantánea en vatios (W)
potencia_w = velocidad .* par; % Element-wise multiplication

% Convertir la potencia a kilovatios (kW)
potencia_kw = potencia_w / 1000;

% Verificar longitudes
length_tiempo = length(tiempo);
length_potencia = length(potencia_kw);

if length_tiempo ~= length_potencia
    error('Los vectores de tiempo y potencia no tienen la misma longitud.');
```

end

```
% Crear la gráfica de potencia instantánea en kW
figure;
plot(tiempo, potencia_kw, '-', 'DisplayName', 'Potencia Instantánea (kW)');
hold on;

% Calcular la potencia máxima en kW
potencia_maxima_kw = max(potencia_kw);

% Calcular la potencia media en kW
potencia_media_kw = mean(potencia_kw);

% Graficar la potencia máxima y media en kW
```

```

yline(potencia_maxima_kw, 'r--', 'Potencia Máxima (kW)', 'LineWidth', 2);
yline(potencia_media_kw, 'g--', 'Potencia Media (kW)', 'LineWidth', 2);

% Añadir etiquetas y título
xlabel('Tiempo (s)');
ylabel('Potencia (kW)');
title('Potencia Instantánea durante el Trayecto (en kW)');
legend('show');
grid on;

```

## Tiempo

```

% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('tiempo.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'tiempo_from_txt', data);

```

## Par

```

% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('Par.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'Par_from_txt', data);

```

## Velocidad

```

% Lee el archivo .txt y almacena los datos en una variable
data = load('Velocidad.txt');

% Guarda los datos en el espacio de trabajo
assignin('base', 'Velocidad_from_txt', data);

```

## Anexo 3. Inicio de la Ruta

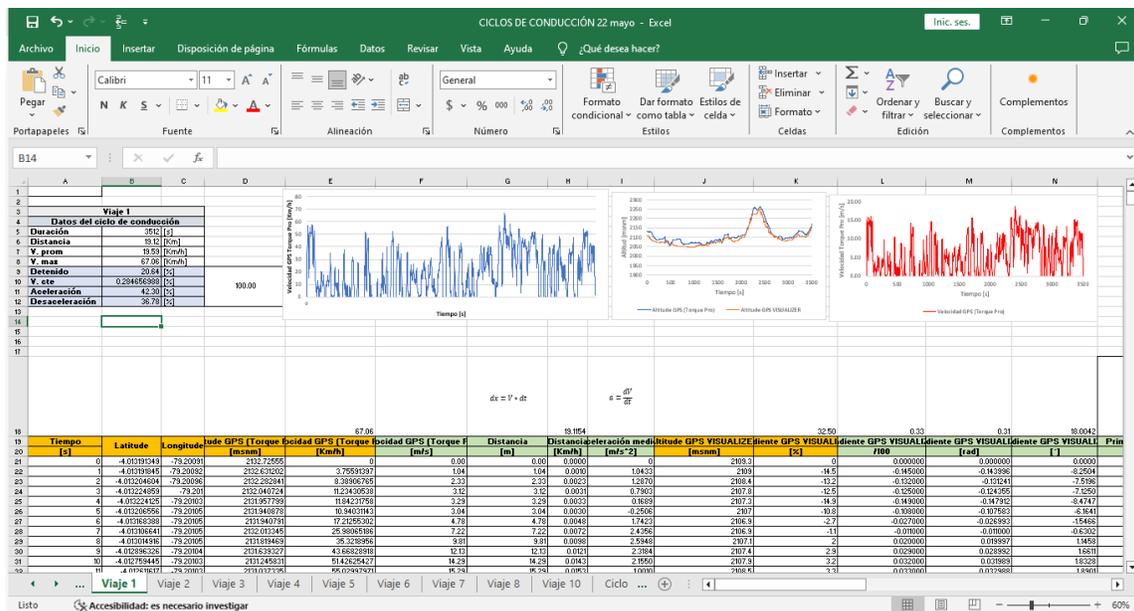


## Anexo 4. Fin de la Ruta



## Anexo 5. Captura de Base de Datos

Datos obtenidos a través de la Aplicación torque Pro y analizados en el programa Excel.



## Anexo 6. Certificado de Traducción

CERTF. N° 13.2 – 2024  
Loja, 15 de octubre del 2024

El suscrito Franco Guillermo Abrigo Guarnizo.

**Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés**

A petición de la parte interesada y en forma legal.

### **CERTIFICA:**

Que **Cesar Alejandro González Herrera** con cédula de identidad número **Cedula:** 1150159133, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, completó satisfactoriamente la presente traducción de español a inglés del Trabajo de titulación denominado **Estudio de dimensionamiento y caracterización de un motor eléctrico en rueda para una motocicleta.**

Traducción que fue guiada y revisada minuciosamente por mi persona. En consecuencia, se da validez a la presentación de la misma. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el estudiante hacer uso del presente documento en lo que estimare conveniente.

Atentamente,



.....  
Franco Guillermo Abrigo Guarnizo

**Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés**

Número de Registro Senescyt: 1008-2021-2368808

Cédula: 1104492127

email: [franco.abrigo@hotmail.com](mailto:franco.abrigo@hotmail.com)

celular: 0990447198