



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO EN
UNA BICICLETA DE TRACCIÓN TRASERA, COMO ALTERNATIVA
DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE AMBATO”**

AUTOR: Álvaro Tomas Vargas Bermúdez

TUTOR: Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2023

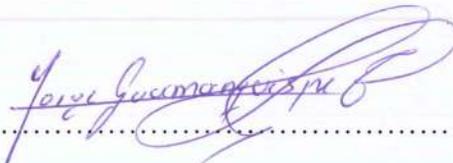
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO EN UNA BICICLETA DE TRACCIÓN TRASERA, COMO ALTERNATIVA DE TRASPORTE EN LA CIUDAD DE AMBATO”** elaborado por el Sr. Alvaro Tomas Vargas Bermudes, portador de la cédula de ciudadanía:180479574-6, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe T, Mg

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alvaro Tomas Vargas Bermudes, con C.I.: 180479574-6, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO EN UNA BICICLETA DE TRACCIÓN TRASERA, COMO ALTERNATIVA DE TRASPORTE EN LA CIUDAD DE AMBATO”**, así como también los planos, tablas, criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



Alvaro Tomas Vargas Bermudes

C.I. 180479574-6

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



Alvaro Tomas Vargas Bermudes

C.I. 180479574-6

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Alvaro Tomas Vargas Bermudes, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO EN UNA BICICLETA DE TRACCIÓN TRASERA, COMO ALTERNATIVA DE TRASPORTE EN LA CIUDAD DE AMBATO”**

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:

Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Juan Francisco Correa Jacome, Ph.D.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Hoy quiero dedicar este logro, mi tesis, a cada uno de ustedes que han sido una parte fundamental en mi camino académico y personal. Vuestra constante apoyo, aliento y amor han sido mi motor y mi inspiración para llegar hasta aquí.

A mis padres, quienes han sido mis pilares inquebrantables, les agradezco por su amor incondicional, por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Vuestra dedicación y sacrificio han sido ejemplos que seguir durante todo este proceso.

A mis hermanos, quienes han estado a mi lado en cada paso del camino, les agradezco por su compañía, por brindarme su apoyo incondicional y por ser mi fuente de alegría y motivación.

A mis profesores y mentores, quienes han compartido su conocimiento y experiencia, les agradezco por su guía y por inspirarme a alcanzar mis metas académicas. Vuestras enseñanzas han dejado una huella indeleble en mi formación.

Con profundo agradecimiento y gratitud, dedico esta tesis a cada uno de ustedes. Vuestra presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable y estoy eternamente agradecido por ello.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de alguna manera al desarrollo y culminación de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor de tesis, por su orientación, apoyo y paciencia durante todo el proceso de investigación. Gracias por compartir su conocimiento y por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo este trabajo.

Agradezco también a los miembros calificadores del proyecto técnico por su tiempo, dedicación y valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo.

Quiero expresar mi gratitud a mis profesores y mentores, quienes me brindaron una educación de calidad y me inspiraron a seguir profundizando en el tema de este proyecto técnico. Sus enseñanzas y consejos han sido fundamentales en mi formación académica.

Un agradecimiento especial a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación. Gracias por creer en mí, por alentarme en los momentos difíciles y por celebrar mis logros. Su amor incondicional ha sido mi motor para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Fundamentación teórica.....	4
1.4.1. Generalidades	4
1.4.2. Bicicleta eléctrica	5
1.4.3. Bicicleta asistida con pedaleo	6
1.4.4. Bicicleta de asistencia libre	7
1.4.5. Partes de la Bicicleta	9
1.4.6. Transmisión de una bicicleta.....	10
1.4.7. Bicicleta eléctrica en el mundo	11
1.4.8. Bicicleta eléctrica en América Latina	12
1.4.9. Bicicleta eléctrica en Ecuador.....	13
1.4.10. Conveniencia de la bicicleta eléctrica	14
1.4.11. Proceso de diseño del sistema de asistencia eléctrica	15
1.4.12. Controlador.....	21
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	22

2.1.	Métodos	22
2.1.1.	De campo	22
2.1.2.	Bibliográfica.....	22
2.2.	Nivel o tipo de investigación.....	23
2.2.1.	Exploratoria.....	23
2.2.2.	Descriptiva	23
2.3.	Técnicas de investigación.....	23
2.3.1.	Documental	23
2.3.2.	Observación.....	23
2.4.	Materiales	24
2.4.1.	Lista de materiales.....	24
2.4.2.	Recursos institucionales	24
2.4.3.	Recursos económicos	25
2.5.	Flujograma del proyecto.....	25
2.6.	Alternativas de diseño	26
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		28
3.1.	Análisis y discusión.....	28
3.1.1.	Características de la bicicleta.....	28
3.1.2.	Potencia Requerida.....	29
3.1.3.	Cálculo del motor.....	35
3.2.	Manual de usuario	38
3.3.	Manual de mantenimiento	42
3.4.	Diseño CAD de la bicicleta	46
3.5.	Análisis estructural del marco de la bicicleta	47
3.6.	Pruebas de funcionamiento.....	49
3.6.1.	Prueba de carretera.....	50
3.6.2.	Rutas de pruebas de carretera.....	50
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		61
4.1.	Conclusiones.....	61
4.2.	Recomendaciones	62
BIBLIOGRAFÍA.....		63
ANEXOS.....		67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de las baterías.....	18
Tabla 2. Recursos utilizados para el diseño del sistema eléctrico.....	24
Tabla 3. Recursos económicos.....	25
Tabla 4. Alternativas de diseño.....	27
Tabla 5. Masa de los elementos mecánicos.....	31
Tabla 6. Parámetros físicos bicicleta.....	34
Tabla 7. Análisis Ruta 1.....	53
Tabla 8. Análisis Ruta 2.....	55
Tabla 9. Análisis Ruta 3.....	57
Tabla 10. Análisis Ruta 4.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una bicicleta.....	4
Figura 2. Chasis de bicicleta.	10
Figura 3. Sistema de transmisión de bicicleta.....	10
Figura 4. Venta de vehículos eléctricos en países latinoamericanos	13
Figura 5. Esquema de diseño	16
Figura 6. Esquema de un sistema de tracción eléctrica.....	16
Figura 7. Diagrama de flujo para realizar el proyecto	26
Figura 8. Bicicleta top Rider aro 29	28
Figura 9. Diagrama de fuerzas externas sobre la bicicleta [26]	29
Figura 10. Batería del sistema.....	38
Figura 11. Comprobación del estado de batería.....	38
Figura 12. Sistema de seguridad mediante llave	39
Figura 13. Botón de encendido del sistema eléctrico.....	39
Figura 14. Acelerador.....	40
Figura 15. Display del sistema eléctrico	40
Figura 16. Visualización de las velocidades	41
Figura 17. Manubrio derecho que inicia el avance de la bicicleta.....	41
Figura 18. Sistema de frenos ubicados en la parte frontal del manubrio	42
Figura 19. No utilizar productos químicos en la limpieza	42

Figura 20. Limpieza de cadenas con cepillo	43
Figura 21. Retiro de exceso con un trapo limpio	43
Figura 22. Ajuste de frenos	44
Figura 23. Medición de nivel de presión de neumáticos.....	45
Figura 24. No exponer las baterías a ambientes extremos	45
Figura 25. Ajuste de cambios.....	46
Figura 26. Modelado CAD de la bicicleta	47
Figura 27. Análisis de deformación	48
Figura 28. Esfuerzo de Von Misses	48
Figura 29. Factor de seguridad.....	49
Figura 30. Ruta 1.....	51
Figura 31. Ruta 2.....	51
Figura 32. Ruta 3.....	52
Figura 33. Ruta 4.....	52

RESUMEN EJECUTIVO

Debido a los altos niveles de contaminación ambiental que afronta el mundo, se está optando por diferentes energías renovables. La bicicleta eléctrica es una variante de la convencional controlado por un sistema electrónico

Este proyecto técnico se enfocó en el diseño e implementación de un sistema eléctrico en una bicicleta de tracción trasera misma se encuentra equipada con un motor eléctrico, este motor está ubicado en la rueda trasera, no contamina, no emiten monóxido de carbono, tampoco óxido de nitrógeno, no usa combustibles fósiles, por lo tanto, no genera emisiones de gases, y evita la contaminación acústica, esto lo convierte en una de las mejores opciones de transporte limpio y ecológico como alternativa de transporte en la ciudad de Ambato, ya que El diseño tiene la particularidad de ser energizado por una batería, el controlador electrónico será responsable de permitir la activación de los distintos elementos del sistema eléctrico, permitiendo que la potencia del motor, sea la requerida por el ciclista, mediante el acelerador que se encuentra en el manubrio.

Finalmente, se diseñó satisfactoriamente el sistema eléctrico para una bicicleta de tracción trasera para la ciudad de Ambato, consiguiendo un buen rendimiento, realizando pruebas de campo en los distintos terrenos y condiciones climáticas, lo cual ha permitido garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente en la ciudad, como recomendación se sugiere el mantenimiento regularmente al funcionamiento de los distintos componentes eléctricos y mecánicos, asegurando una vida útil y más larga.

Palabras clave: Bicicleta eléctrica, Diseño eléctrico, Transporte alternativo, Batería eléctrica, Motor eléctrico y Controlador.

ABSTRACT

Due to the high levels of environmental pollution that the world is facing, different renewable energies are being considered. The electric bicycle is a variant of the conventional one, controlled by an electronic system.

This technical project focused on the design and implementation of an electric system on a rear-wheel-drive bicycle equipped with an electric motor, which is located in the rear wheel. It does not pollute, emit carbon monoxide or nitrogen oxides, nor does it use fossil fuels; therefore, it does not generate gas emissions and avoids noise pollution. This makes it one of the best options for clean and eco-friendly transportation as an alternative in the city of Ambato. The design has the peculiarity of being powered by a battery, and the electronic controller will be responsible for enabling the activation of the different elements of the electric system, allowing the cyclist to control the motor's power through the throttle located on the handlebar.

Finally, the electric system for a rear-wheel-drive bicycle for the city of Ambato was successfully designed, achieving good performance, and conducting field tests in different terrains and weather conditions, which has ensured optimal and efficient operation in the city. As a recommendation, regular maintenance of the different electrical and mechanical components is suggested, ensuring a longer lifespan.

Key words: Electric bicycle, Electrical design, Alternative transportation, Electric battery, Electric motor, and Controller.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Revisando el trabajo de Morales [1], de tema: **CONVERSIÓN DE BICICLETAS A ELÉCTRICAS Y ABASTECIMIENTO AUTÓNOMO**; el cual nació como un desarrollo, implementación y modificación de una bicicleta normal. Se desarrollarán tanto los elementos normales como los eléctricos de la bicicleta. El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un sistema innovador que permita convertir cualquier bicicleta en una bicicleta eléctrica, aprovechando la tecnología del frenado regenerativo. Además, es importante destacar que las bicicletas eléctricas están experimentando un crecimiento significativo en diversos aspectos de la vida moderna. Cada vez más personas optan por utilizar bicicletas eléctricas para sus desplazamientos diarios al trabajo o a otras actividades, y también se están volviendo populares en el sector de transporte y entrega de comida rápida. Este avance en la adopción de las bicicletas eléctricas refleja la creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la búsqueda de alternativas de transporte más ecológicas y eficientes.

Con esta investigación, se logró desarrollar un concepto completamente nuevo de vehículo de energía limpia. Este proyecto representa un gran desafío, ya que se pretende presentar al público en general un vehículo rápido, útil, divertido y económico, tanto en términos de mantenimiento como de uso diario en diferentes instalaciones [1].

En la investigación presentada por Hoyos et al. [2], con el título: **INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y PROTOTIPO DE UNA BICICLETA ELÉCTRICA Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN BATERÍAS**, El desarrollo de este proyecto académico ha dado como resultado una base fundamental adquirida de manera ardua, consistente en avanzar paso a paso, proponiendo,

analizando y resolviendo cada una de las dificultades presentadas durante el normal desarrollo del proyecto.

Se presentan los resultados de las distintas pruebas realizadas con el fin de establecer la competitividad de este medio de transporte frente al transporte convencional. Después del desarrollo de la investigación y las diversas pruebas, se implementaron procesos de retroalimentación con el objetivo de afinar el diseño y corregir errores [2].

1.2. Justificación

El presente proyecto técnico se enfocará en el diseño e implantación de un sistema eléctrico en una bicicleta de tracción trasera como alternativa de transporte en la ciudad de Ambato. Debido a los altos niveles de contaminación ambiental que enfrenta el mundo, se está optando cada vez más por diferentes fuentes de energía renovable. En los últimos años, se ha acentuado la importancia de las energías renovables para reducir la emisión de gases contaminantes. Por lo tanto, una bicicleta eléctrica se presenta como una alternativa de transporte sostenible en la ciudad.

Las bicicletas eléctricas son un medio de transporte versátil y adaptable a las demandas actuales. Cada vez más, este vehículo gana espacio en el transporte debido a su bajo grado de contaminación hacia el medio ambiente, sin causar ningún daño al aire que se respira en la ciudad. Además, debido a sus dimensiones reducidas, la bicicleta presenta facilidad para estacionarse. En la implementación del sistema eléctrico en la bicicleta, la ingeniería mecánica desempeña un papel fundamental gracias a sus conocimientos en ciencias como máquinas eléctricas, diseño y mecanismos, lo cual es fundamental para el desarrollo del proyecto.

En la actualidad, la comercialización de bicicletas eléctricas es baja, ya que su costo aproximado oscila entre 700 y 1800 dólares. Este alto costo de adquisición dificulta obtener un modelo específico. Además, las bicicletas eléctricas disponibles en el mercado no suelen destacar por su estética, lo que hace que en ocasiones no sean atractivas para el público.

En respuesta a la creciente demanda de opciones de transporte más asequibles y sostenibles, se ha considerado en el mercado diseñar e implementar un sistema eléctrico en bicicletas convencionales. Este enfoque busca fomentar el presente proyecto, cuyo objetivo es desarrollar una opción más accesible que satisfaga las necesidades de aquellos que consideran el transporte como un gasto e inconveniente. Se reconoce la importancia de ofrecer una variante económica en respuesta al constante aumento de los costos de vida, buscando así proporcionar una solución asequible para la movilidad y la reducción de gastos.

En la actualidad, el transporte se ha convertido en un punto de referencia que pretende revolucionar la industria local y generar nuevos medios alternativos que faciliten la movilidad. Además, es crucial fomentar la producción nacional mediante el uso de medios adecuados y necesarios que ayuden a determinar los materiales apropiados para la fabricación de bicicletas eléctricas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema eléctrico en una bicicleta de tracción trasera, como alternativa de transporte en la ciudad de Ambato.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de funcionamiento de un sistema eléctrico para una bicicleta convencional, tales como la potencia, velocidad y torque del motor eléctrico.
- Diseñar el sistema eléctrico para una bicicleta de tracción trasera para la ciudad de Ambato.
- Seleccionar los componentes del sistema eléctrico y mecánicos para una bicicleta de tracción trasera.
- Implementar el sistema eléctrico y mecánicos en la estructura de la bicicleta.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la bicicleta eléctrica en la ciudad de Ambato.

1.4. Fundamentación teórica

1.4.1. Generalidades

La percepción de la bicicleta dentro de las políticas medioambientales ha evolucionado a lo largo del tiempo. En la actualidad, existe una creciente preocupación por la contaminación atmosférica, siendo el transporte terrestre responsable del 20% de las emisiones de CO₂, especialmente en las áreas urbanas densamente pobladas [3].

Por esta razón, resulta altamente beneficioso utilizar medios de transporte que contribuyan a reducir estas emisiones y promover un transporte más limpio. En este contexto, los vehículos completamente eléctricos están adquiriendo una gran relevancia en la actualidad. Al funcionar con energía eléctrica en lugar de combustibles fósiles, estos vehículos no emiten gases contaminantes y contribuyen a mejorar la calidad del aire y reducir el impacto ambiental.

La bicicleta destaca como el medio de transporte terrestre que necesita menos potencia y energía por kilómetro. Debido a su eficiencia y sostenibilidad con el medio ambiente, se presenta como una opción óptima para zonas urbanas.



Figura 1. Partes de una bicicleta [4].

Desde el año 2 000 se han realizado muchas iniciativas a nivel mundial para concienciar ciudadano del uso de la bicicleta, así como medidas para facilitarle el

acceso a una bicicleta. En el año 2013 el número de países que desarrollaron dichas medidas fue de 48, en comparación con los 8 países del año 2000, lo que refleja significativamente la evolución del fenómeno del uso de este transporte por parte de los países [5].

En la actualidad, el mercado de las bicicletas híbridas o eléctricas está experimentando un crecimiento significativo. Sin embargo, se observa una falta de variedad en términos de características eléctricas y sistemas de transmisión. Como ocurre en otros sectores emergentes, este mercado está adaptando tecnologías previas en lugar de diseñar bicicletas híbridas o eléctricas desde cero. Esta estrategia se emplea para evitar posibles resistencias por parte de los consumidores y aprovechar la familiaridad con las bicicletas convencionales.

Por consiguiente, las bicicletas híbridas/eléctricas actuales son bicicletas convencionales a las cuales se les han incorporado:

- Sistema de almacenamiento de energía
- Sistema electrónico de potencia para el control del sistema
- Motor de corriente continua, comúnmente ubicado en la rueda trasera.

1.4.2. Bicicleta eléctrica

La bicicleta eléctrica es una versión modificada de una bicicleta convencional, equipada con un motor eléctrico que puede estar ubicado en la rueda delantera o trasera. Este motor es controlado por un sistema electrónico, permitiendo un desplazamiento asistido y más eficiente [6].

La energía puede ser proporcionada por una batería o almacenada por un supercondensador, que se utilizará en el momento deseado según la decisión del ciclista. Es una opción viable para adelantar en terrenos escarpados y superar deficiencias en el rendimiento físico del ciclista [7].

Según la literatura especializada en bicicletas eléctricas, se ha observado que su autonomía típicamente oscila entre 30 y 100 km, mientras que las velocidades varían en un rango de 25 a 50 km/h, dependiendo del modelo. Estos valores están

influenciados por diversos factores, como el tipo de bicicleta, el peso total de la bicicleta y el ciclista, el tipo de batería instalada y la potencia del motor eléctrico. Estos datos son fundamentales al calcular la autonomía esperada de una bicicleta eléctrica [8].

La bicicleta eléctrica no contamina, no emiten monóxido de carbono, tampoco óxido de nitrógeno. Este medio de transporte no usa combustibles fósiles, por lo tanto, no genera emisiones, y evita la contaminación acústica, esto lo convierte en una de las mejores opciones a la hora de un desplazamiento limpio y ecológico [8].

Las bicicletas eléctricas pueden tener dos tipos de clasificación, por una parte, se clasifican según la potencia que su motor eléctrico pueda entregar y el sistema de control, es decir, cuándo y cómo se emplea la potencia del motor. Una segunda clasificación se refiere a las normativas que rigen en cada país que las subclasifican en bicicletas y ciclomotores o motocicletas. En la actualidad en nuestro país no existen normas que regulan el uso de estas bicicletas [9].

1.4.3. Bicicleta asistida con pedaleo

Este tipo de asistencia consiste en que el usuario enciende el sistema mediante el mando de control, en ese instante, la unidad de control activa todos los elementos, a partir de entonces la fuerza aplicada por el usuario sobre el pedal es captada por un sensor inductivo, que envía una señal a la unidad de control electrónico (ECU), esta procesa dicha señal y activa el motor, que es alimentado por la batería [10].

La respuesta del motor eléctrico en una bicicleta es instantánea y está directamente relacionada con la fuerza aplicada en los pedales. Cuando se ejerce fuerza al pedalear, el motor eléctrico se activa y proporciona asistencia al pedaleo de manera inmediata. Sin embargo, es importante destacar que si no se aplica fuerza de pedaleo mientras el sistema eléctrico está conectado, el motor permanecerá inactivo. Esto significa que el motor no proporcionará ningún impulso adicional si no se realiza el esfuerzo de pedalear. El propósito principal

del motor en una bicicleta eléctrica es brindar asistencia al ciclista, no reemplazar por completo su esfuerzo físico [10].

1.4.4. Bicicleta de asistencia libre

Este tipo de asistencia implica la modificación de una bicicleta convencional mediante la adición de un mecanismo de transmisión que conecta un motor eléctrico a la rueda trasera. El control del sistema de transmisión se realiza electrónicamente a través de un sistema de engranajes. La energía requerida para activar este sistema proviene de un conjunto de baterías que tienen la capacidad de regenerarse gracias a su composición química [10].

1.4.4.1. Tipos de bicicletas

Urban, diseñadas eficientemente con componentes que brindan comodidad para pedalear dentro de la ciudad y moverte sin dificultad a diferentes lugares; poseen una barra extremadamente resistente que les permite recorrer distancias cortas o medias, subiendo y bajando badenes sin sufrir daños [11].

Carretera, ideal para circular por carretera con su manillar curvado hacia abajo y ruedas finas; a su vez, sus cuadros son de aluminio o fibra de carbono, bastante ligeros. Es adecuado para hacer ejercicio, aumentar la resistencia o participar en una competición [11].

Triatlón y contrarreloj, su diseño está orientado a aumentar la eficacia contra el viento y facilitar el cambio entre pedalear y correr. Son aerodinámicos y más rápidos que los de carretera; con mango aerodinámico que se mantiene en una sola posición, mientras que su usuario se sienta más bajo [11].

Montaña, especial para transitar por caminos irregulares, pedregosos y cumbres montañosas con cierta dificultad para ser transitadas. Con el uso de esta bicicleta, es posible pedalear sin sentir temor, debido a la resistencia de sus cuadros, al tener un manubrio desafiado y alto, lo que facilita el pedaleo manteniendo el torso semi erguido y la mirada al frente [11].

Plegable, un vehículo que se puede llevar incluso al viajar en metro o en cualquier otro medio de transporte; Su equipo es limitado por lo que su proceso de montaje es rápido y fácil. No son cómodas, resistentes o rápidas, pero son versátiles para las rutinas diarias [11].

BMX, para saltos y acrobacias originales, sobre una bicicleta que cuenta con ruedas de 20 pulgadas de diámetro con la que podrán competir combinándolas con movimientos de freestyle [11].

Paseo, que habitualmente se puede admirar en calles, parques y espacios al aire libre; son únicas en su estilo e ideales para recorridos cortos pero muy agradables. Deben utilizarse en vías pavimentadas o ciclovías urbanas; son cómodas sobre todo por la anchura de su asiento y la graduación de la altura de su manillar [11].

Híbridos, también conocidos como confort o fitness; porque es el tipo de bicicleta ideal para andar erguido. Se clasifican entre carretera y montaña, pero hoy en día son las más recomendadas para ejercicios de mantenimiento de la forma [11].

Pista o circuito, diseñado para alcanzar gran velocidad; se caracterizan por compartir el piñón unido a la rueda trasera de las fixies y carecer de freno; por lo que deben ser utilizados exclusivamente en circuitos cerrados como es el caso del velódromo y similares [11].

Eléctrica, el tipo de bicicleta donde se marca la evolución tecnológica; permitiendo al ciclista pedalear con la ayuda de un motor eléctrico. ¡Se las identifica popularmente como las E-bikes!. Disponible tanto para rutas, paseos, subir a la montaña o simplemente para desplazarte a tu lugar de estudio o trabajo. Sin duda, son muy cómodas por el hecho de que complementan el pedaleo [11].

Gravel, una clasificación de bicicletas basada en el tipo de material utilizado para hacer su cuadro; que va desde el aluminio hasta el carbono. Dependiendo de esto varía su precio, así como su resistencia, pero en general son ideales para andar en bicicleta tanto en caminos asfaltados como fuera de ellos [11].

1.4.5. Partes de la Bicicleta

Dentro de los componentes de una bicicleta, podemos identificar:

Manubrio

El manubrio de la bicicleta tiene la función de controlar y guiar la dirección de la bicicleta. Además de su papel en la dirección, el manubrio también contribuye a soportar parte del peso del ciclista al permitirle apoyar sus manos y brazos.

Palanca de freno

Es la estructura móvil que al activar mandan la señal para la activación de los frenos de la bicicleta. La palanca del lado derecho activa los frenos traseros, la palanca del lado izquierdo activan los frenos de delanteros.

Palanca de cambio

El sistema de cambio es el componente responsable de cambiar las marchas y los platos en una bicicleta. Normalmente, la palanca de cambio izquierda se utiliza para variar los platos, mientras que la palanca de cambio derecha se utiliza para cambiar las marchas.

Chasis, Cuadro o Marco de bicicleta

El cuadro de la bicicleta es la estructura principal que sostiene todos los componentes y el peso del ciclista. Está compuesto por varios tubos, como el tubo horizontal, el tubo superior, el tubo diagonal, el tubo del asiento y el tubo frontal o telescopio.



Figura 2. Chasis de bicicleta [12].

Ruedas

Es parte importante de la bicicleta que permite avanzar y atravesar los diferentes tipos de terrenos, donde se considera el grosor y tamaño de la llanta. La rueda está compuesta de los siguientes elementos: los radios, las llantas, el buje, la cubierta y la válvula.

1.4.6. Transmisión de una bicicleta

Sistema de transmisión de una bicicleta se encarga de transmitir la fuerza de pedaleo del ciclista, hacia el piñón trasero mediante la cadena, provocando el movimiento de la rueda.



Figura 3. Sistema de transmisión de bicicleta [12].

1.4.7. Bicicleta eléctrica en el mundo

1.4.7.1. Bicicleta eléctrica en Asia

En China, las bicicletas eléctricas no requieren permiso de conducción. Sin embargo, debido a un aumento de los accidentes entre ciclistas el gobierno chino plantea que para los vehículos con un peso en vacío de 20 kg (44 lb) y una velocidad máxima de 30 km/h (19 mph) se requiere un permiso de conducir, mientras que los vehículos con un peso menor a 20 kg (44 libras) y con una velocidad menor a 30 km/h, puede ser conducido sin licencia [13]. En China, las bicicletas eléctricas alcanzaron una facturación de 21100 millones de dólares en 2018, con un crecimiento anual del 9% para 2025, cuando la industria alcanzará un valor de alrededor de 38 600 millones de dólares [14].

1.4.7.2. Bicicleta eléctrica en Europa

Confederación de la Industria de la Bicicleta Europea (CONEBI) acaba de publicar su informe La Industria de la Bicicleta Europea y el Perfil del Mercado. Los datos de su último estudio reflejan que las ventas de bicicletas en los 27 países de la unión europea (UE) y el Reino Unido alcanzaron los 22 millones de unidades vendidas en 2021. Es un hito sin precedentes, marcando la cifra más alta registrada por primera vez desde que CONEBI empezó a recopilar datos [15].

En cuanto a la producción de bicicletas, se registró un incremento de casi un 10% respecto a 2020, correspondiente a más de 16 millones de unidades producidas en Europa en 2021. La producción de piezas y accesorios para bicicletas también aumentó en 2021, alcanzando el valor de 3.600 millones de euros [15].

En 2021, las inversiones totales de la industria en Europa alcanzaron un hito significativo, superando los 1750 millones de euros. Esto representa un aumento del 17% en comparación con los 1500 millones de euros del año anterior. Además, se observó un crecimiento notable en los puestos de trabajo directamente relacionados con la fabricación de bicicletas y componentes. Estos pasaron de más de 77500 en 2020 a casi 87000 en 2021, lo que eleva el total de empleos en el sector en Europa a alrededor de 170.000. Es importante destacar que el sector está

compuesto por más de 1.000 pymes en Europa y se estima un crecimiento adicional del 5% al 10% en 2021 [15].

1.4.8. Bicicleta eléctrica en América Latina

El mercado de bicicletas eléctricas de América Latina está a punto de registrar una CAGR (Tasa de crecimiento anual compuesto) de más del 7% durante el período de pronóstico (2020-2025) [16].

El congestionamiento del tráfico es un desafío significativo para muchas ciudades de América Latina. Según el INRIX Global Traffic Scorecard 2018, Bogotá, la capital de Colombia, se clasifica como la tercera ciudad más congestionada del mundo. Le siguen Ciudad de México en la cuarta posición y Sao Paulo en la quinta posición. Estos datos reflejan los altos niveles de tráfico y las dificultades de movilidad que enfrentan estas ciudades, lo cual puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de los residentes y en la eficiencia del transporte urbano. Es fundamental que las autoridades y los ciudadanos trabajen juntos para implementar soluciones de transporte sostenible y eficiente que ayuden a reducir la congestión y mejorar la movilidad en estas áreas urbanas.

El estudio también calculó que el conductor promedio en Bogotá pasa aproximadamente 272 horas cada año atrapado en el tráfico. La idea de alquilar una bicicleta se está volviendo cada vez más popular en América Latina. Además, numerosas empresas recién fundadas que, debido a su modelo de negocio escalable y la incorporación de tecnologías innovadoras (startup) están ampliando su presencia en el mercado latinoamericano. Por ejemplo, Yellow ofrece opciones de uso compartido de bicicletas tanto convencionales como eléctricas a través de su plataforma, ya que sus bicicletas convencionales funcionan las 24 horas del día, mientras que las bicicletas eléctricas funcionan de 8 a. m. a 9 p. m. debido al cambio climático. En 2018, una empresa brasileña llamada EDG Advanced Mechatronics lanzó una nueva bicicleta eléctrica de niobio EDG, cuya tecnología de batería le otorga un alcance de 100 km y 25 km con una carga de una hora. Además, las bicicletas eléctricas tienen un sistema de frenado regenerativo que permite devolver la energía de frenado a la batería [16].

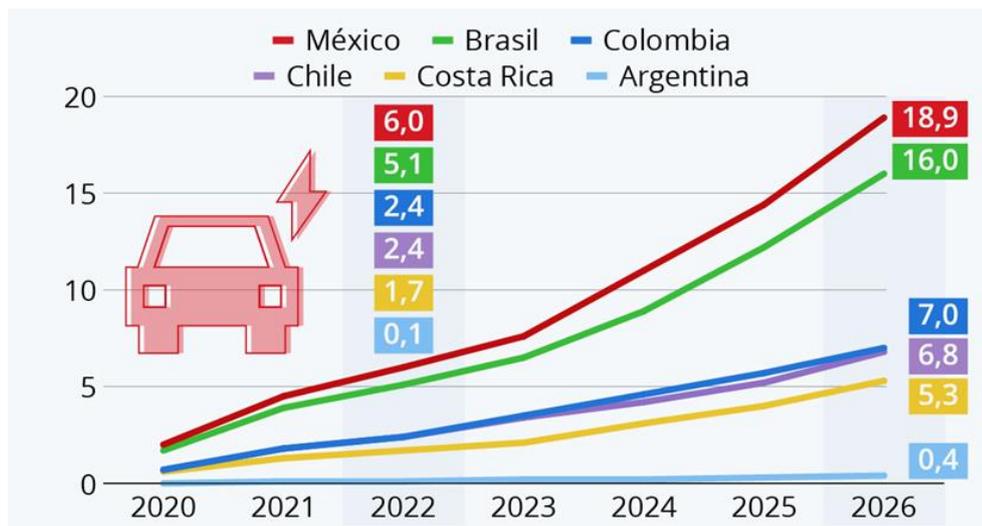


Figura 4. Venta de vehículos eléctricos en países latinoamericanos [17].

1.4.9. Bicicleta eléctrica en Ecuador

Antes de la pandemia, aproximadamente el 70% de los habitantes de Quito se desplazaba utilizando el transporte público, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Sin embargo, la suspensión de este servicio durante la pandemia llevó a que las personas buscaran alternativas de movilidad, incluyendo opciones de transporte de dos ruedas [18].

En este sentido, las bicicletas eléctricas se han vuelto cada vez más populares en la ciudad. Estas bicicletas cuentan con un motor eléctrico que les permite alcanzar velocidades de hasta 50 kilómetros por hora, y su batería tiene una autonomía de hasta tres horas. Los precios de las bicicletas eléctricas varían y van desde los 600 hasta los 1800 dólares [18].

Además de las bicicletas eléctricas, los monopatines eléctricos también han ganado popularidad como una opción de movilidad en la ciudad. Estos monopatines pueden alcanzar velocidades de entre 20 y 50 kilómetros por hora. Los precios de los monopatines eléctricos oscilan entre los 350 y los 1600 dólares [18].

Estas opciones de transporte de dos ruedas brindan a los habitantes de Quito una alternativa más ágil, eficiente y sostenible para sus desplazamientos,

especialmente en un contexto en el que el transporte público ha sido afectado por la pandemia.

Es necesario resaltar que utilizar una bicicleta eléctrica facilita la movilización de los ciudadanos, el ejercicio físico en cualquier momento del día y, además, cuida el ambiente. Además, promueve el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por los países miembros de las Naciones Unidas, ya que fomenta un estilo de vida saludable y contribuye a mejorar la eficiencia energética de los sistemas de transporte y genera una tendencia a convertir a las ciudades en resilientes, sostenibles e inteligentes [19].

Los usuarios de bicicletas eléctricas no requieren licencia de conducir ni permisos de circulación en las vías públicas. Además, el costo aproximado de una carga completa de una bicicleta eléctrica (que puede permitir recorrer hasta 45 kilómetros) es de aproximadamente USD 0.50. La bicicleta eléctrica se proyecta como un medio de transporte novedoso, eficiente y amigable con el ambiente [19].

La incertidumbre entre los residentes de Ambato se centra en si se requiere algún tipo de permiso para el uso de este medio de transporte. En respuesta a esta pregunta, el Departamento de Comunicación del GAD Municipalidad de Ambato ha aclarado que esta regulación depende del cilindraje. Específicamente, si el cilindraje es menor a 80, no están sujetas a control en la ciudad. Asimismo, las bicicletas eléctricas que funcionan en base al amperaje deben tener un mínimo de 1000 amperios y estar limitadas a una velocidad máxima de 50 kilómetros por hora.

1.4.10. Conveniencia de la bicicleta eléctrica

Eficacia: Los ciclos pueden cubrir una distancia de hasta 7 km o hasta 15 km de manera eficiente con el mecanismo de asistencia al pedal. Esto significa que un ciclista puede recorrer un área de 150 km² alrededor de su casa. En general, la mitad de los viajes en coche por ciudad son de menos de 5 km. Cerca del 45% de nuestros viajes urbanos son de menos de 3 km, distancia que se puede recorrer en

10 minutos en bicicleta en terreno llano. Por ejemplo, en París, el 80% de los residentes nunca viaja más de 20 km de su casa en una semana promedio. Esto significa que las bicicletas pueden cubrir una proporción significativa de los viajes diarios en todas las ciudades [20].

Autonomía: El uso de una bicicleta proporciona una autonomía extrema. Las bicicletas están disponibles a cualquier hora del día, por cualquier motivo y para cualquier destino. En ese sentido, es tan cómodo como un coche y menos agotador que el transporte público [20].

Flexibilidad: Andar en bicicleta es una forma flexible de viajar de puerta en puerta. Es fácil de abordar, desembarcar, detenerse, desviarse, dar la vuelta y ocupa muy poco espacio para estacionar [20].

Fiabilidad: Los tiempos de viaje en bicicleta son los más predecibles en entornos urbanos, en comparación con los automóviles y el transporte público (excepto en sistemas de carriles reservados y completamente segregados, como el metro). Los ciclistas pueden ser más puntuales y perder menos tiempo [20].

1.4.11. Proceso de diseño del sistema de asistencia eléctrica

Los componentes electrónicos son fundamentales para el funcionamiento de la bicicleta, y se consideran diferentes características para determinar la capacidad energética del sistema, su eficiencia y los costos de fabricación asociados. Estos parámetros son:

- 1) Tipo de batería, con lo que es posible definir la capacidad energética y la eficiencia del sistema.
- 2) Tipo de motor y su ubicación, pues esto define la cantidad de asistencia hacia el ciclista.
- 3) Controlador, el cual regula la corriente suministrada al motor y dispositivos auxiliares

En la figura 5, se puede apreciar un esquema básico de un sistema de asistencia eléctrico considerando los 3 elementos principales antes mencionados.

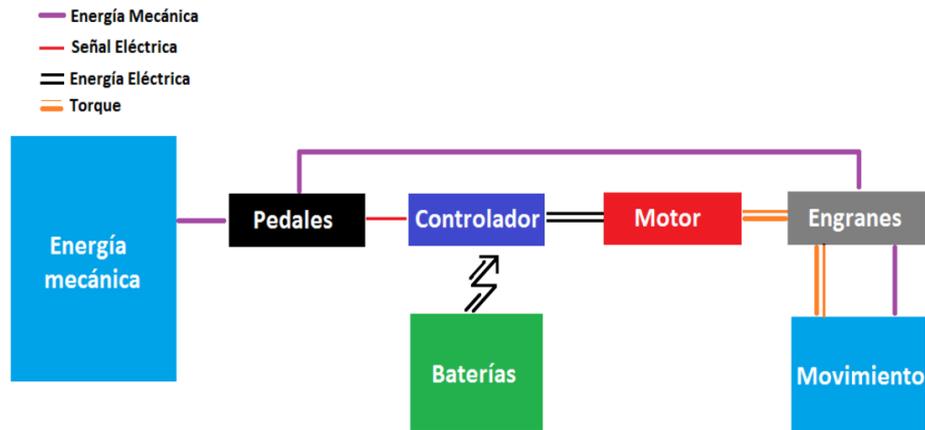


Figura 5. Esquema de diseño [21].

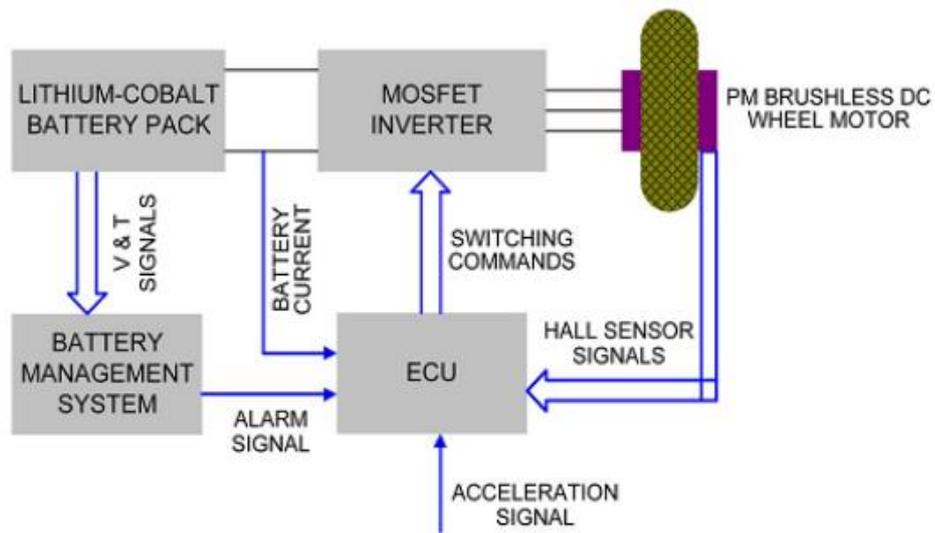


Figura 6. Esquema de un sistema de tracción eléctrica [22].

- 1) Suministro de energía (Lithium-cobalt battery pack)
- 2) Controlador de batería (Battery management system)
- 3) Convertidor de potencia (Mosfet inverter)
- 4) Sistema de control (Electronic Control Unit – ECU)
- 5) Motor (PM Brushless DC Wheel motor)

Batería eléctrica: Una batería es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma electroquímica. Existen de dos tipos: baterías primarias y baterías secundarias [23].

Baterías primarias: Se caracterizan por que la conversión de energía química a eléctrica es irreversible, o sea después que la batería se ha descargado completamente no se puede volver a cargar [23].

Baterías secundarias: Más conocidas como baterías recargables, éstas al descargarse, pueden ser recargadas inyectándoles corriente continua desde una fuente externa [23].

Tres características que definen una batería:

- La capacidad de almacenamiento de energía.
- La corriente máxima que puede suministrar (descarga).
- La profundidad de descarga que puede soportar.

Los tipos de baterías más usados son:

- Plomo-ácido (Pb-ácido)
- Nickel-cadmio (NiCd)
- Nickel-hidruro metálico (NiMH)
- Ion-Litio (Li-ion)
- Polímero-Litio (Li-poly)
- Aire-zinc
- Celdas de combustible

Tabla 1. Cuadro resumen de las baterías [23].

Tipo	Energía/peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Autodescarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2V	1000	8-16h	5%
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25V	500	10-14h*	30%
Ni-Mh	60-120 wh/kg	1,25V	1000	2h-4h*	20%
Li-ion	110-160 wh/kg	3,16V	4000	2h-4h	25%
Li-Po	100-130Wh/kg	3,7V	5000	1h-1,5h	10%
Zinc-aire	140-180Wh/kg	1,2V	500		
Celda de combustible	Dado por los estanques de H	1,2V	NA	Debe agregarse combustible	

Motor

Existen dos tipos de motores eléctricos reconocidos por la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos Eléctricos (NEMA, por sus siglas en inglés): motores de corriente continua (DC) y motores de corriente alterna (AC) [24].

Motores eléctricos corriente continua (CC)

Las bicicletas eléctricas pueden equiparse con dos tipos de motores de corriente continua: motores de corriente continua con escobillas y motores sin escobillas (brushless).

Motores de corriente continua

Motor Brushless

A diferencia de los motores tradicionales con escobillas, que utilizan piezas móviles para transferir la corriente eléctrica al rotor, los motores sin escobillas operan mediante la interacción de campos magnéticos. El motor brushless, también conocido como motor sin escobillas, es un tipo de motor eléctrico que no requiere de escobillas para su funcionamiento. En su lugar, utiliza imanes permanentes en el rotor y bobinas en el estator para generar el campo magnético necesario para la rotación del motor. Esta configuración ofrece varias ventajas, como mayor eficiencia, menor desgaste, menor mantenimiento y menor ruido en comparación con los motores de corriente continua con escobillas. Además, los motores brushless permiten un mayor control y precisión en la velocidad y el torque, lo que los hace especialmente adecuados para aplicaciones en bicicletas eléctricas, donde se busca un rendimiento óptimo y una mayor autonomía.

Componentes del motor brushless

Los motores brushless están formados por un rotor, que es la parte móvil que contiene los imanes permanentes, y un estator o carcasa, que es la parte fija donde se encuentran los enrollados de hilo conductor. La imagen muestra una sección de uno de estos motores, revelando cómo están dispuestos los enrollados y los imanes permanentes, que en este caso son de neodimio [25].

Funcionamiento del motor brushless

Brushless término en inglés que significa sin escobillas. El motor brushless permite el paso de la corriente eléctrica directamente por el bobinado por el que está constituido el estator o carcasa, por lo que es diferente del motor brushed, el cual utiliza escobillas y colector. El motor brushless genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético, generado por los imanes del rotor, produciendo una fuerza que hace girar al rotor y en consecuencia al eje del motor.

En este sistema no hay escobillas, conmutadores ni delgas; el elemento que controla la rotación del rotor, independientemente de su posición, será el variador electrónico. Su función consiste esencialmente en observar la posición del rotor en un momento dado, para asegurarse de que la corriente que le llega sea suficiente para producir un movimiento de rotación correspondiente. El inversor puede hacer esto debido a los sensores presentes en el motor, o debido a la retroalimentación recibida, o debido a la observación del comportamiento de la corriente del motor. Es por ello que los accionamientos que se utilizan en este tipo de motores son algo más complejos que los que se utilizan en un motor con escobillas, ya que tienen que analizar la respuesta del motor y los datos de funcionamiento, es decir, en tiempo real [25].

Factor "kV" en un motor Brushless

Es necesario destacar hay un parámetro importante; "kV"; normalmente aparece junto al número de vueltas de bobinado del motor, y lo que nos indica es el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica [25]. Por ejemplo, si un motor brushless tiene un factor "kV" de 1000 kV, esto significa que el motor girará a una velocidad de 1000 rpm por cada voltio aplicado. Si se aplica un voltaje de 12 V al motor, alcanzará una velocidad de aproximadamente 12000 rpm.

Pero como suele ser el caso, no solo hay ventajas. Cuanto mayor sea el valor kV, mayor será el valor de la velocidad, pero menor será el valor del par y viceversa. Así que se trata de encontrar un compromiso entre velocidad y par teniendo en cuenta las características de nuestro modelo. Si disponemos de un vehículo ligero, elegiremos motores con mayor valor kV, que tienen mayor respuesta en velocidad y aceleración. Pero si tenemos modelos pesados, como puede ser el caso de los cursos cortos, puede ser mejor elegir un valor de kV algo más bajo, que tenga una velocidad y aceleración satisfactorias, pero que nos proporcione valores de par más altos [25].

1.4.12. Controlador

El controlador de una bicicleta eléctrica es un componente clave del sistema eléctrico, ya que regula y controla el funcionamiento del motor y la asistencia eléctrica. Su función principal es recibir las señales del acelerador o sensor de pedaleo, procesar la información y enviar la cantidad adecuada de corriente al motor para proporcionar la potencia requerida. Además, puede tener funciones adicionales, como el control de frenado regenerativo y la protección contra sobrecalentamiento. En resumen, el controlador desempeña un papel crucial en el rendimiento y la eficiencia del sistema eléctrico de una bicicleta eléctrica.

El controlador actúa como el cerebro de la bicicleta eléctrica, ya que se encarga de recibir las señales de entrada y procesar la información para controlar la velocidad, el torque y la asistencia eléctrica. Está diseñado para gestionar la energía suministrada por la batería y distribuirla de manera eficiente al motor, optimizando así el rendimiento y la autonomía de la bicicleta.

Además de regular la potencia entregada al motor, el controlador también puede ofrecer características adicionales. Algunos controladores incluyen funciones como el frenado regenerativo, que permite aprovechar la energía generada durante el frenado para recargar la batería, aumentando así la eficiencia del sistema.

En cuanto a su funcionamiento, el controlador utiliza principios de electrónica de potencia para convertir la corriente continua suministrada por la batería en una corriente alterna adecuada para el motor. Utiliza algoritmos y circuitos de control para regular la velocidad y el torque en función de las señales provenientes de los sensores y del ajuste seleccionado por el ciclista.

Es importante destacar que la elección de un controlador adecuado es fundamental para asegurar un buen rendimiento y una experiencia de conducción satisfactoria. Factores como la potencia del motor, el voltaje y la capacidad de la batería, así como las características y funcionalidades deseadas, deben tenerse en cuenta al seleccionar un controlador compatible con el sistema eléctrico de la bicicleta.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Este capítulo, abordó el estudio y análisis, de una bicicleta eléctrica para la ciudad de Ambato, bajo los parámetros de la ciudad, como relieve, normativas, potencia del motor. Se analizarán los métodos mediante los cuales se llevará a cabo la transformación de una bicicleta convencional hacia una bicicleta eléctrica (e-Bike). Dentro del diseño del proyecto es fundamental destacar que el sistema será energizado por una batería, el controlador electrónico asumirá la función de autorizar la activación de los distintos elementos del sistema eléctrico, permitiendo que la potencia del motor sea la requerida por el ciclista, mediante el acelerador que se encontrará en el manubrio. Previo a la elaboración del sistema se cuenta con algunos elementos como la bicicleta, motor, acelerador, controlador, freno, batería.

2.1. Métodos

2.1.1. De campo

Se utilizó esta metodología para comparar las opciones que se tienen en la selección del material de construcción, en el tipo de batería, controlador entre otros y en la selección del material con el cual se realizó la construcción completa de este sistema.

2.1.2. Bibliográfica

Este método de recolección de datos se utilizó para obtener referencias de normas, libros, artículos científicos y diferentes fuentes de información formales, que ayude a estructurar el marco teórico con investigaciones previamente realizadas sobre los materiales y tipos que previamente han sido utilizados en otras investigaciones.

2.2. Nivel o tipo de investigación

2.2.1. Exploratoria

Se utilizó este tipo de investigación inicialmente debido a que el diseño es una fase preliminar para la construcción y se genere hipótesis que impulsen el desarrollo de un estudio más profundo del cual se extraigan resultados y una conclusión.

2.2.2. Descriptiva

El enfoque descriptivo tuvo como objetivo proporcionar una descripción detallada de las variaciones presentes entre los materiales elegidos para la construcción, el tipo de diseño seleccionado para la fabricación y la elección de los materiales que componen el sistema eléctrico.

2.3. Técnicas de investigación

En la realización del proyecto se aplicó las siguientes técnicas:

2.3.1. Documental

Consistió en la búsqueda de información perteneciente a artículos científicos, libros, normativas, hojas técnicas, etc., que permitió el entendimiento de las piezas mecánicas que conforman las cajas compactadoras, así como también los detalles técnicos y normativos que permitió el desarrollo de un mantenimiento preventivo.

2.3.2. Observación

Esta técnica se aplicó en las hojas de rutas para la realización de pruebas en los tramos seleccionados de la ciudad de Ambato, mediante las rutas trazadas, se analizó los tramos adecuados para las correspondientes pruebas de funcionamiento de la bicicleta eléctrica.

2.4. Materiales

2.4.1. Lista de materiales

En la tabla 2, se muestran los recursos y/o materiales a utilizar para el proceso de diseño, modelado y simulación en software especializado.

Tabla 2. Recursos utilizados para el diseño del sistema eléctrico

Nombre	Descripción
Computadora	Se utiliza la computadora para realizar el modelado de las piezas, también para realizar el documento fundamento del proyecto
Software para el diseño CAD (SolidWorks)	Es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D, diseño de las partes y realización de planos de construcción.
Internet	Será un recurso para investigación y revisión de bibliografía para sustentación técnica del proyecto.
Normas	La norma que se utilizará es la NTE INEN-EN 15194: Ciclos, Ciclos con asistencia eléctrica Bicicletas EPAC ya que proporciona los requisitos para los ciclos con asistencia eléctrica (EPAC)

2.4.2. Recursos institucionales

Los recursos institucionales de la Universidad Técnica de Ambato que se utilizaron para la realización del proyecto técnico incluyen una variedad de medios, que facilitaron la investigación y el desarrollo de actividades académicas. Algunos de los recursos institucionales disponibles son:

Apoyo académico: La universidad brindó apoyo en el desarrollo del trabajo de titulación, con personal capacitado que supervisa actividades, revisa informes y guía en el uso de recursos institucionales.

Equipamiento y tecnología: La universidad brindó acceso a equipos, tecnología y software especializado para actividades específicas del trabajo de titulación.

Biblioteca: La universidad cuenta con bibliotecas que brindaron una amplia variedad de recursos bibliográficos, como libros, revistas, tesis y bases de datos electrónicas.

2.4.3. Recursos económicos

En base a las investigaciones de campo realizadas, se determinó que el proyecto técnico tuvo un valor aproximado de 970 USD. A continuación, se presenta en la Tabla 3, el desglose de los costos obtenidos exclusivamente de las partes y componentes utilizados.

Tabla 3. Recursos económicos

Descripción	Costo
Computadora	\$ 100
Bicicleta	\$ 200
Motor Eléctrico	\$ 200
Batería	\$ 200
Otros componentes	\$70
Materiales de oficina	\$ 100
Impresiones	\$ 50
Transporte	\$ 50
Total	\$970

2.5. Flujograma del proyecto

Este proyecto tuvo la finalidad de diseñar e implementar un sistema eléctrico en una bicicleta de tracción trasera, como alternativa de transporte en la ciudad de Ambato, para cumplir el objetivo se realizó las actividades que se detallan en la Figura 7.

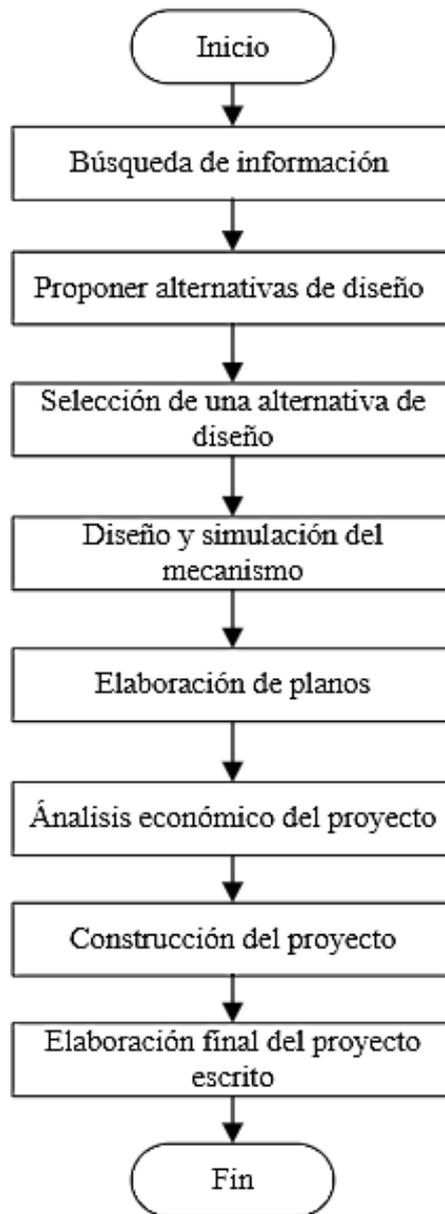


Figura 7. Diagrama de flujo para realizar el proyecto

2.6. Alternativas de diseño

A continuación, se detallan 3 modelos de bicicletas eléctricas que sirvieron como guía para realizar el proyecto.

Tabla 4. Alternativas de diseño

	Bicicleta Eléctrica 1ksm521	Bicicleta eléctrica E-Bike	Bicicleta Eléctrica Fairy
Bicicleta eléctrica			
Precio	\$900	\$950	\$800
Motor	250W	350W	200W
Batería	36V, 8Ah	36V, 10Ah	24V, 6Ah
Autonomía	40 km	50 km	30 km
Velocidad máxima	25 km/h	30 km/h	20 km/h
Tiempo de carga	4-6 horas	5-7 horas	3-5 horas
Peso	18 kg	20 kg	16 kg
Material del marco	Acero	Aluminio	Acero
Tamaño de la rueda	26 pulgadas	28 pulgadas	24 pulgadas
Frenos	Freno de disco delantero, freno de tambor trasero	Freno de disco delantero y trasero	Freno de disco delantero y trasero
Suspensión	Sin suspensión	Suspensión delantera	Sin suspensión

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión

3.1.1. Características de la bicicleta

La bicicleta que se utilizó en este proyecto es una Bicicleta top Rider aro 29, con frenos de discos mecánicos y transmisión 3x7, figura 8.



Figura 8. Bicicleta top Rider aro 29

La bicicleta cuenta con un cuadro simple fabricado en aluminio, lo que le proporciona ligereza y resistencia. Además, está equipada con una suspensión delantera que ayuda a absorber los impactos y brindar mayor comodidad.

En cuanto al sistema de frenado, utiliza frenos de disco mecánico, lo que proporciona una mayor eficacia y potencia de frenado, especialmente en condiciones adversas.

Las llantas utilizadas en esta bicicleta son de la marca Kenda, reconocida por su calidad y durabilidad.

En cuanto a las velocidades, cuenta con una configuración de 3 platos y 7 piñones, lo que permite al ciclista elegir entre diferentes opciones de marcha para adaptarse a las distintas condiciones del terreno.

En términos de peso, la bicicleta tiene un peso total de 14 kg, lo que la hace relativamente liviana y fácil de manejar.

3.1.2. Potencia Requerida

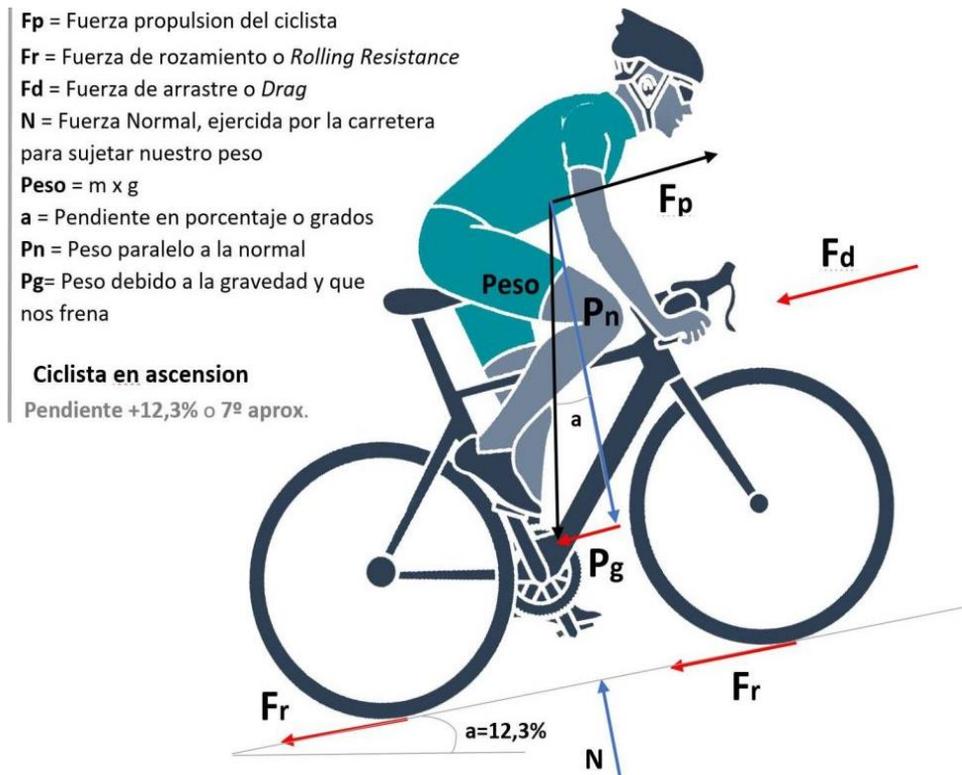


Figura 9. Diagrama de fuerzas externas sobre la bicicleta [26]

Fuerza Requerida

$$F_{\text{requerida}} = F_r + F_g + F_a \quad (1)$$

Fuerza de Rozamiento

$$F_r = m g C_r \cos \theta \quad (2)$$

En donde:

Fr: Fuerza de rozamiento

m: masa

g: gravedad

Cr: Coeficiente de fricción

θ : Ángulo de inclinación

Fuerza a la resistencia de pedaleo

$$F_g = m g \sin \theta \quad (3)$$

En donde:

Fg: Fuerza a la resistencia de pedaleo

m: masa

g: gravedad

θ : Ángulo de inclinación

Fuerza de resistencia del aire

$$F_{\text{aire}} = \frac{1}{2} \rho C_D A_f V^2 \quad (4)$$

En donde:

F_{aire}: Fuerza de rozamiento del aire

ρ : Densidad del aire

C_D : Coeficiente de arrastre

Af: Área frontal del ciclista

V: Velocidad del Ciclista

Tabla 5. Masa de los elementos mecánicos

Masa	
Bicicleta	14 kg
Peso de una persona promedio en Ecuador	74.2 kg
Peso motor	10 kg
Peso de la batería	3,8 kg
Equipo de protección	2 kg
Vestimenta	2 kg
Mochila, maletín, cartera, etc.	4 kg
Total	110 kg

Cálculo Fuerza de Rozamiento

$$F_r = m g C_r \cos \theta \quad (5)$$

$$C_r = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 \times 10^{-6}}{P} V^2$$

En donde:

P: presión de inflado del neumático [bar]

V: Velocidad máxima de ciclista [km/h]

Presión del neumático 35 – 40 psi, para cálculo se toma el máximo 40 psi [2.7579 bares]

$$C_r = 0,0085 + \frac{0,018}{2,7579} + \frac{1,59 \times 10^{-6}}{2,7579} (25)^2$$

$$C_r = 0.01538$$

Porcentaje de la Pendiente

Por el relieve de la ciudad de Ambato la pendiente utilizada es del 7 %.

$$\text{Pendiente grados} = \tan^{-1} \left(\frac{7\%}{100} \right)$$

$$\text{Pendiente grados} = 4.004^\circ$$

Coefficiente de arrastre C_D

Description				Forces at 20 MPH (Pounds)	Aerodynamic data			Rolling resistant coefficient
					Drag coefficient	Frontal area (square feet)	Effective frontal area (square feet)	
Standard Bicycles	BMX (youth off-road racer)	30 lb. Bike, 120 lb. Rider, Knobby tires, 20 in. Dia., 40 psi		5.52 2.10	1.1	4.9	5.4	0.014
	European upright commuter	40 lb. Bike, 160 lb. Rider, Tires 27 in. Dia., 40 psi		6.14 1.20	1.1	5.5	6.0	0.008
	Touring (arms straight)	25 lb. Bike, 160 lb. Rider, Clincher tires, 27 in. Dia., 90 psi		4.40 0.83	1.0	4.3	4.3	0.0045
Description				Forces at 20 MPH (Pounds)	Aerodynamic data			Rolling resistant coefficient
	Racing (fully crouched)	20 lb. Bike, 160 lb. Rider, Setup tires, 27 in. Dia., 105 psi		3.48 0.54	0.88	3.9	3.4	0.003

Figura 10. Bicicletas estándar de turismo [26]

Standard bicycles Touring (arms straight) Bicicletas estándar de turismo (brazos rectos)

- Coeficiente de resistencia a la rodadura = 0.0045

- Área frontal = $4.3 \text{ ft}^2 = 0.399483 \text{ m}^2$
- Área frontal efectiva = $4.3 \text{ ft}^2 = 0.399483 \text{ m}^2$
- Coeficiente de arrastre $C_D = 1$

Densidad del aire

Se utilizó la ecuación de gases ideales

$$P \text{ Vol.} = mRt \quad (6)$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$P = \frac{mRt}{\text{Vol.}}$$

$$P = \rho Rt$$

$$\rho = \frac{P}{Rt}$$

$$R = 0.287 \left[\frac{\text{Kpa m}^3}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \right]$$

Presión en la ciudad de Ambato $0.73705823 \text{ atm} = 73.706 \text{ KPa}$

Temperatura en la ciudad de Ambato de 12°C a 20°C , teniendo una temperatura promedio 16°C .

$$\rho = \frac{73.706 \text{ KPa}}{0.287 \left[\frac{\text{Kpa m}^3}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \right] (16 + 273.15)^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0.888 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Remplazamos los valores en fórmula

Tabla 6. Parámetros físicos bicicleta

Parámetro		Valor
Masa	m	110 kg
Gravedad	g	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Coefficiente de fricción	Cr	0.01538
Pendiente	θ	4.004°
Densidad	ρ	$0.888 \frac{kg}{m^3}$
Coefficiente de arrastre	C_D	1
Área frontal del ciclista	A_f	$0.399483 m^2$
Velocidad	V	$6.94 \frac{m}{s}$

$$F_{requerida} = (m g C_r \cos \theta) + (m g \sin \theta) + \left(\frac{1}{2} \rho C_D A_f V^2 \right) \quad (7)$$

$$F_{requerida} = \left(110 \text{ kg } 9.81 \frac{m}{s^2} 0.01538 \cos (4.004^\circ) \right) + \left(106.52 \text{ kg } 9.81 \frac{m}{s^2} \right. \\ \left. * \sin (4.004^\circ) \right) + \left(\frac{1}{2} 0.888 \frac{kg}{m^3} 1 0.399483 m^2 (6.94 \frac{m}{s})^2 \right)$$

$$F_{requerida} = 100,452 N$$

Potencia Requerida

$$P_{requerida} = F_{requerida} V \quad (8)$$

$$P_{requerida} = 100,452 N 6.94 m/s$$

$$P_{requerida} = 697,136 W$$

3.1.3. Cálculo del motor

Se calcula el torque necesario para desplazar el peso total utilizando la siguiente ecuación:

$$T_1 = F_1 r \quad (8)$$

En Donde:

T_1 : Torque

F_1 : Fuerza

r_1 : Radio

La fuerza total que ejerce sobre el motor será el resultado de:

$$F_1 = Ft + Fr_1 \quad (9)$$

En Donde:

Ft : Fuerza Tangencial

Fr_1 : Fuerza de Rozamiento

La fuerza tangencial que ejerce sobre el motor será el resultado de

$$Ft = m a \quad (10)$$

En Donde:

m : Masa

a : Aceleración

La Fuerza de rozamiento se determina con la ecuación:

$$Fr_1 = Ft Uk \quad (11)$$

En Donde:

Uk : Coeficiente de rozamiento

La siguiente ecuación se utiliza para calcular la cantidad de energía necesaria para los motores:

$$P_1 = \frac{\sigma V_1}{33000} \quad (12)$$

En Donde:

P_1 : Torque

σ : Tensión real de carga

V_1 : Velocidad

Datos:

$$mT = 110 \text{ Kg} = 220.46 \text{ lb}$$

$$r = 29 \text{ in} = 2.41667 \text{ ft}$$

$$Uk = 0.01538$$

$$a = 1.31 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

Se calculará la velocidad de la bicicleta, como su velocidad máxima de:

$$V_1 = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50,46 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

$$V_1 = 22,784 \frac{\text{ft}}{\text{seg}}$$

Se reemplaza los valores en la ecuación 10.

$$Ft = 220.46 \text{ lb} \cdot 1,31 \text{ ft/seg}^2$$

$$Ft = 288.8 \text{ lbf}$$

Se reemplaza los valores en la ecuación 11, U_k 0,7 para neumáticos de caucho.

$$Fr_1 = 288.8 \text{ lbf} * 0,7$$

$$Fr_1 = 202,16 \text{ lbf}$$

A continuación, se reemplaza los valores de Fr_1 y Ft en la ecuación 9:

$$F_1 = 288,8 \text{ lbf} + 202,16 \text{ lbf}$$

$$F_1 = 490,96 \text{ lbf}$$

Se reemplaza los valores en la ecuación 8:

$$T_1 = 490,96 \text{ lbf} \cdot 2,417 \text{ in}$$

$$T_1 = 1186,65 \text{ lbf in}$$

Roberth Mott en su documento menciona que para asegurar el diseño este debe poseer un factor de seguridad (fs) de 1,5.

$$\sigma = T_1 fs$$

$$\sigma = 1186,65 \cdot 1,5$$

$$\sigma = 1779.97 \text{ lbf}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 12, se obtiene la potencia requerida en el motor.

$$P = \frac{1779.97 \text{ lbf} \cdot 22,784 \text{ ft/seg}}{33000}$$

$$P = 1,23 \frac{\text{lbf ft}}{\text{seg}} = 1,23 \text{ HP}$$

La potencia que se requiere para realizar el movimiento es de 1.23HP o 917.21 W por lo que se selecciona un motor comercial de 1000W.

3.2. Manual de usuario

Encendido de la bicicleta

- 1) Comprobar el estado de batería, la batería viene con una regleta de leds incluida, esta muestra el nivel por medio de dos colores, verde para mostrar que existe energía almacenada y rojo que indica que no existe energía almacenada, esta batería se compone de 4 celdas de batería, si existe energía en una celda el led se muestra verde caso contrario se muestran en rojo, para poder visualizar esto se debe presionar el pulsador que se encuentra a lado de los leds.



Figura 10. Batería del sistema

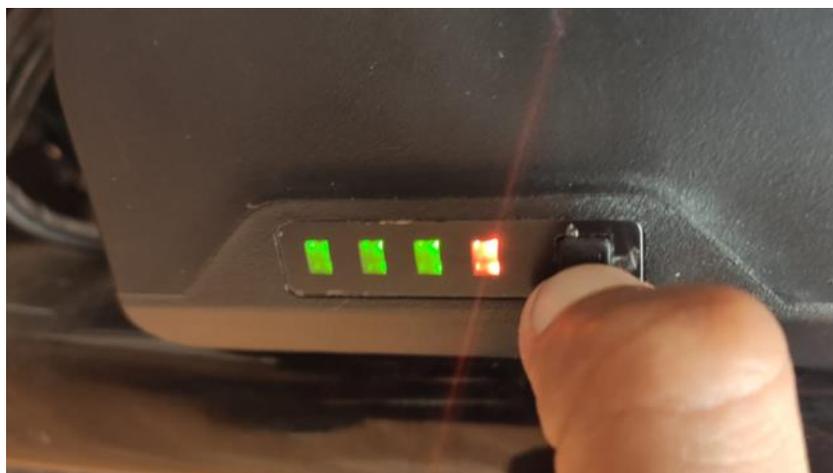


Figura 11. Comprobación del estado de batería

- 2) Para más seguridad la batería cuenta con un bloqueo por llave, para desactivar este sistema se tiene que insertar y girar la llave que se encuentra en la parte izquierda de la batería.



Figura 12. Sistema de seguridad mediante llave

- 3) Para encender el sistema, en el lado derecho de la batería se encuentra un switch, cuando se encuentra en “O” el sistema esta apagado, en “1” el sistema está encendido.



Figura 13. Botón de encendido del sistema eléctrico

- 4) La pantalla y el sistema aún no se encenderán, para ello se debe presionar por unos tres segundos el botón del medio con la letra “M” del acelerador, este se encuentra en el manubrio derecho, después de hacerlo, la pantalla se encenderá y podrá comenzar a utilizar el sistema eléctrico de la bicicleta.



Figura 14. Acelerador

- 5) En la pantalla que se encuentra en el centro del manubrio, muestra varios datos que son útiles al momento de utilizar la bicicleta eléctrica, como son: velocidad (SPEED), estado de batería, aceleración (PAS) y kilómetros recorridos.



Figura 15. Display del sistema eléctrico

- 6) Este sistema eléctrico cuenta con 5 velocidades, estas se pueden intercambiar mediante el dispositivo acelerador anteriormente escrito, para

subir la velocidad se debe presionar el botón con la flecha que se encuentra arriba del botón con la letra “M”, y para disminuir la velocidad se presiona el botón que se encuentra bajo la letra “M”.



Figura 16. Visualización de las velocidades

- 7) Hasta el momento la bicicleta permanecerá estática, aunque se coloque la velocidad máxima, esto debido a que tiene un sistema de activación que se encuentra en el manubrio derecho, para ello se debe girar el mismo hacia abajo.

PRECAUCIÓN: Antes de girar el manubrio, estar 100% seguro de que se va a conducir la bicicleta, pues se puede llegar a tener una lesión ya que la bicicleta empieza a avanzar por si sola.



Figura 17. Manubrio derecho que inicia el avance de la bicicleta

- 8) Para detener el avance de la bicicleta se debe presionar los frenos que están ubicados en cada lado de los manubrios.



Figura 18. Sistema de frenos ubicados en la parte frontal del manubrio

NOTA: En caso de existir un fallo en el sistema eléctrico, revisar el ANEXO 1.

3.3. Manual de mantenimiento

Limpieza regular

Limpiar la bicicleta eléctrica regularmente utilizando agua tibia y un detergente suave. Evitar utilizar chorros de alta presión o productos químicos agresivos, ya que podrían dañar los componentes eléctricos y mecánicos.



Figura 19. No utilizar productos químicos en la limpieza

Emplear un cepillo suave o una esponja para eliminar la suciedad y los residuos tanto en los componentes mecánicos y eléctricos.

Se recomienda evitar el uso de mangueras de agua en los componentes eléctricos, como el motor y la batería. Utiliza un paño húmedo para limpiarlos.

Mantenimiento de la cadena y engrase

Inspeccionar regularmente la cadena para verificar si hay suciedad, óxido o desgaste excesivo. Limpiar la cadena con un cepillo y un limpiador de cadenas específico para bicicletas.



Figura 20. Limpieza de cadenas con cepillo

Una vez limpia y seca, aplicar lubricante específico para cadenas de bicicletas. Asegurarse de distribuirlo uniformemente a lo largo de la cadena y luego retirar el exceso con un trapo limpio.



Figura 21. Retiro de exceso con un trapo limpio

Evitar usar lubricantes de baja calidad o aceites espesos que puedan atraer más suciedad.

Ajuste de los frenos

Verificar regularmente el estado de los frenos. Asegurarse de que las pastillas de freno estén alineadas correctamente con las superficies de frenado y que no estén desgastadas.

Si los frenos están desgastados, se debe reemplazar las pastillas de freno según las recomendaciones del fabricante.



Figura 22. Ajuste de frenos

Ajustar la tensión de los frenos según sea necesario y verificar que se detengan la rueda correctamente al accionar las palancas de freno.

Inspección de los neumáticos

Verificar la presión de los neumáticos regularmente utilizando un medidor de presión adecuado. Se deberá inflar los neumáticos según las especificaciones del fabricante.



Figura 23. Medición de nivel de presión de neumáticos

Inspeccionar los neumáticos en busca de signos de desgaste, cortes o pinchazos. En caso de detectar algún problema, reemplazar los neumáticos según sea necesario.

Conservar los neumáticos limpios y libres de residuos para un mejor rendimiento y tracción.

Mantenimiento de la batería

Se sugiere seguir las recomendaciones del fabricante para cargar y almacenar la batería de tu bicicleta eléctrica.

Evita exponer la batería a temperaturas extremas (calor o frío) y garantizar de mantenerla limpia y seca.

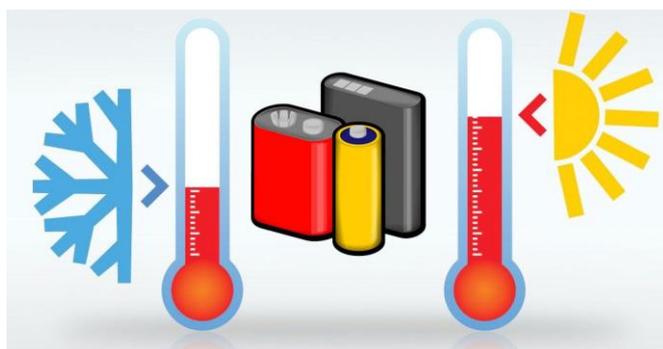


Figura 24. No exponer las baterías a ambientes extremos

Siempre se debe utilizar el cargador suministrado por el fabricante y seguir las instrucciones proporcionadas para cargar la batería correctamente.

Ajuste de los cambios

Hay que verificar regularmente el funcionamiento de los cambios. Asegurándose de que los cambios se ajusten correctamente y permitan cambios suaves entre las marchas sin inconvenientes.



Figura 25. Ajuste de cambios

3.4. Diseño CAD de la bicicleta

Se realizó el modelo CAD de la bicicleta con todos sus elementos para poder realizar el análisis estático del modelo, para determinar: esfuerzos, deformación y factor de seguridad, el prototipo se muestra en la Figura 26.

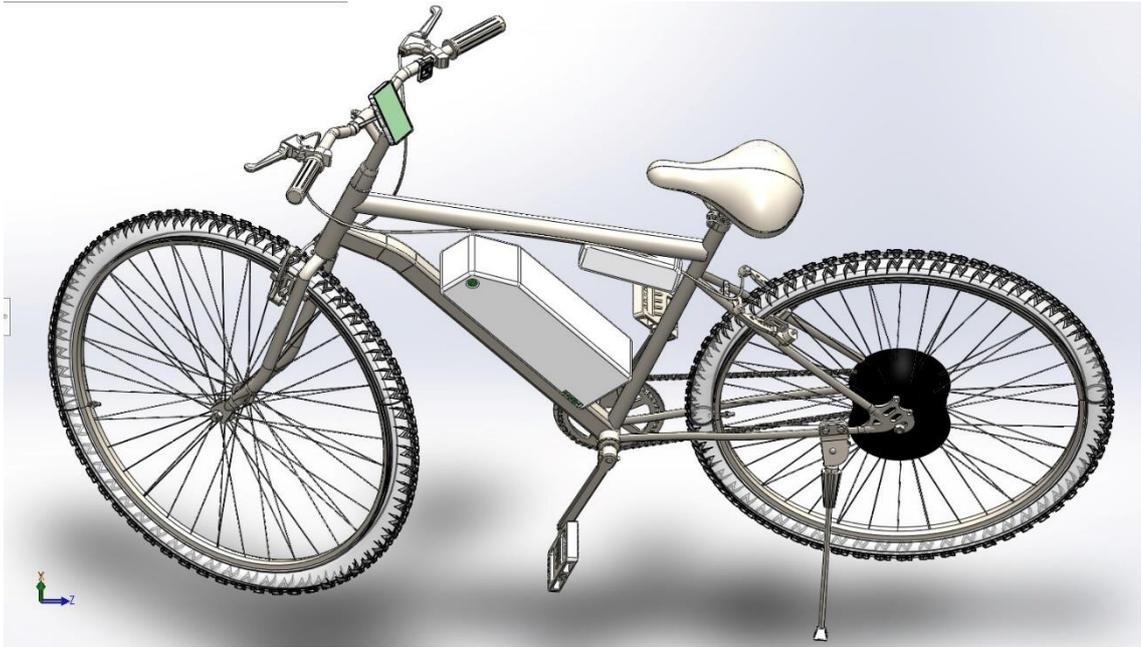


Figura 26. Modelado CAD de la bicicleta

3.5. Análisis estructural del marco de la bicicleta

A continuación, se presenta en detalle el análisis efectuado en relación al marco de la bicicleta, ya que este constituye el componente más crucial al sostener tanto el peso del ciclista como los elementos eléctricos.

Análisis de deformación

Como se puede observar en la Figura 27, la deformación es mínima para el peso promedio de un adulto en Ecuador que es aproximadamente 735 N, la parte que más soporta el peso es la base para el asiento, teniendo un valor de 0,08mm como deformación máxima.

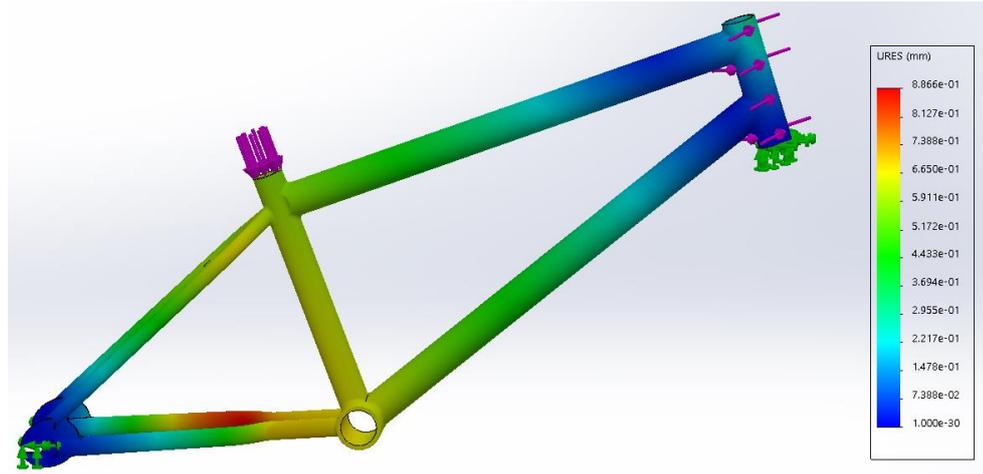


Figura 27. Análisis de deformación

Esfuerzo de Von Misses

La Figura 28, muestra el límite elástico es de 27,57 MPa, por lo cual el peso aplicado no sobrepasa este límite por lo que no existe deformación y el marco puede volver a su forma original.

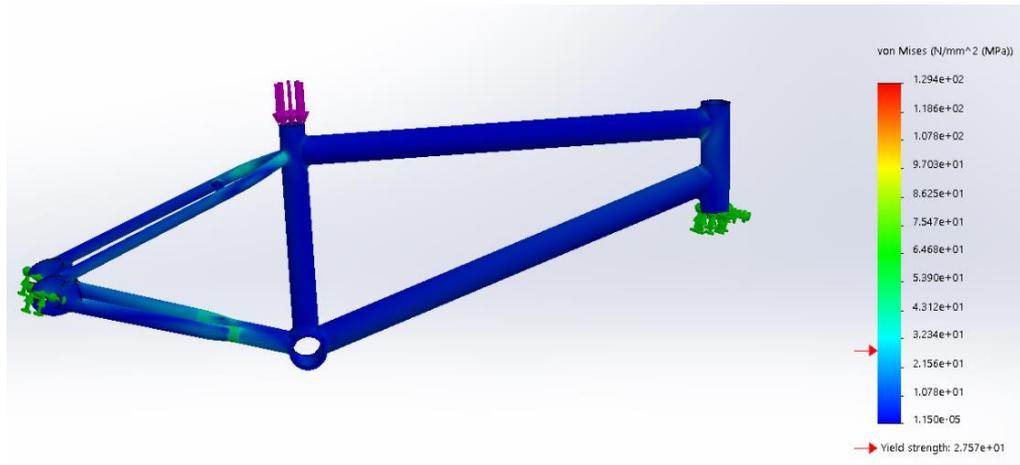


Figura 28. Esfuerzo de Von Misses

Factor de seguridad

Como se puede observar en la Figura 29, se muestra el factor de seguridad, como se detalló anteriormente las fuerzas no deforman el marco de bicicleta y el factor

de seguridad promedio es mayor que 3, Robeth Mott sugiere un factor de seguridad mayor de 2 para que sea seguro.

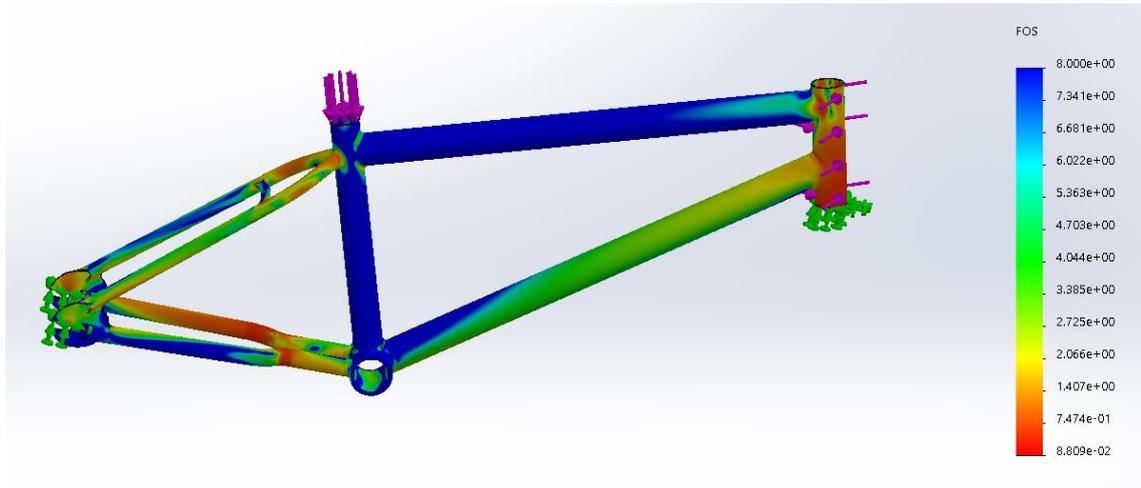


Figura 29. Factor de seguridad

3.6. Pruebas de funcionamiento

La evaluación de la autonomía del proyecto de investigación se efectuó mediante pruebas de ruta en Ambato, Ecuador. Es importante resaltar algunos aspectos adicionales que podrían considerarse al realizar las pruebas en esa ubicación específica:

- Ambato tiene una topografía montañosa, por lo que es importante incluir rutas que reflejen estas condiciones. Se puede diseñar un recorrido que incluya subidas y bajadas con el propósito de evaluar el comportamiento la bicicleta híbrida.
- El clima y las condiciones ambientales de Ambato durante las pruebas fue un factor notable, la temperatura, altitud y la humedad pueden afectar el rendimiento de la batería y la autonomía de la bicicleta. Es de suma importancia registrar estos datos durante las pruebas para obtener una visión más completa de los resultados.
- El uso de la bicicleta en entornos urbanos: Ambato es una ciudad, por ende; es importante incluir tramos de ruta que simulen condiciones

urbanas, como el tráfico, semáforos y las paradas frecuentes. Esto ayudó a evaluar la autonomía de la bicicleta eléctrica en un entorno realista.

3.6.1. Prueba de carretera

El propósito principal de las pruebas en carretera es revelar la capacidad de la bicicleta eléctrica en términos de autonomía.

Dichas pruebas consisten en:

- Seleccionar rutas que sea representativa de las condiciones en las que se utilizará normalmente la bicicleta eléctrica. Es importante considerar factores como; pendientes, el terreno, el tráfico y la duración de la ruta.
- Nivel de batería; la batería debe estar completamente cargada antes de comenzar la prueba (48 V, 12.5 Amp, 2 horas).
- Es fundamental determinar la distancia a recorrer durante la prueba. Es mucho más fácil al utilizar Google earth y Google maps y de esa manera registrar la autonomía.
- Es necesario emplear un ciclo computador o una aplicación móvil que registre los datos relevantes; distancia recorrida, tiempo, velocidad y la potencia utilizada.
- Por último, pero no menos importante, controlar y registrar la velocidad promedio para comparar el rendimiento en diferentes condiciones.

3.6.2. Rutas de pruebas de carretera

La realización de pruebas de carretera de la bicicleta eléctrica en la ciudad de Ambato, se han establecido en cuatro rutas. Es importante destacar que estas rutas se han seleccionado cuidadosamente para garantizar la representatividad de las condiciones de conducción reales. Durante las pruebas en ciclo abierto, se evaluaron diversos aspectos de la bicicleta eléctrica; rendimiento, capacidad de aceleración, frenado y estabilidad. Estos resultados proporcionaron información valiosa sobre el comportamiento de la bicicleta eléctrica en situaciones cotidianas de conducción, lo que en caso de ser necesario contribuirá a mejorar su diseño y desempeño.

Primera ruta de prueba

Inicio: Avenida Atahualpa y Julio Jaramillo, Redondel de Huachi Chico

Final: Plaza de Huachi Grande.

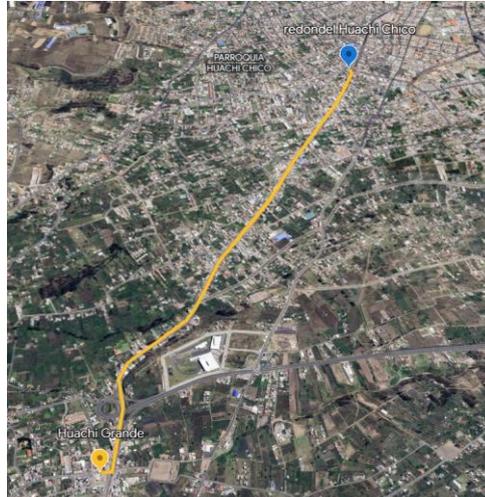


Figura 30. Ruta 1

Segunda ruta de prueba

Inicio: Universidad Técnica de Ambato

Final: Terminal Terrestre Sur- Ambato, el recorrido se dirigirá a través de las siguientes vías: Avenida los Chasquis, calle Sixto María Duran, calle Pepe Jaramillo L. y calle Juan A. Guerrero.

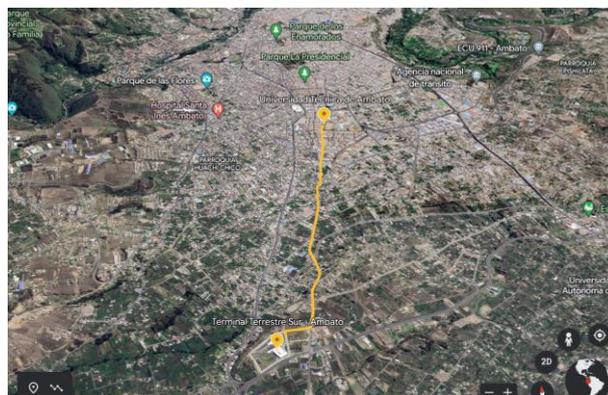


Figura 31. Ruta 2

Tercera ruta de pruebas

Inicio: Parque El sueño

Final: Plazoleta del barrio la Magdalena, el recorrido se dirigirá a través de las siguientes vías: Avenida Rodrigo Pachano, Avenida Los Guaytambos, Avenida Manuelita Sáenz y calle Gustavo Linos.

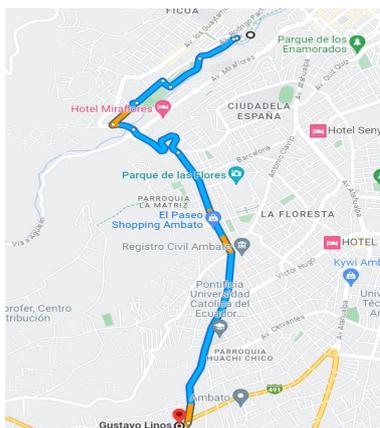


Figura 32. Ruta 3

Cuarta ruta de pruebas

Inicio: Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Atahualpa

Final: Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Bolivariana.

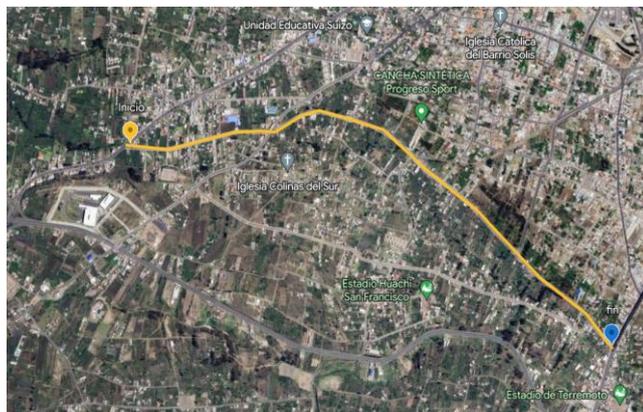


Figura 33. Ruta 4

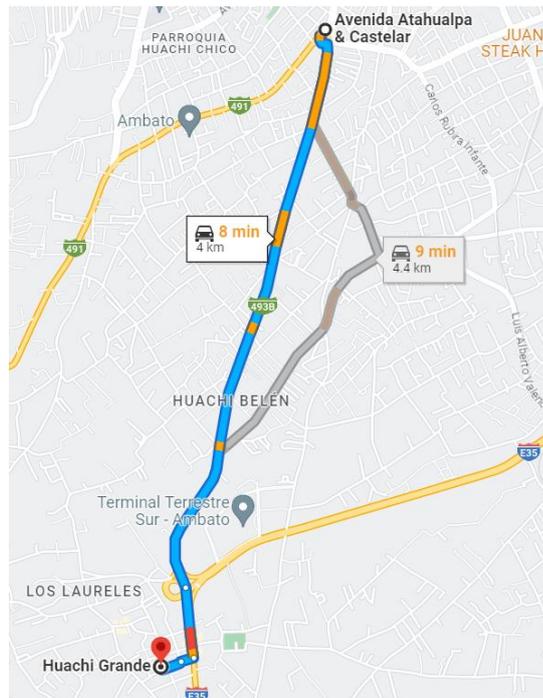
4.1.2. Análisis y discusión de pruebas de carreteras

Ruta 1 Huachi Chico – Huachi Grande

La primera ruta de pruebas tiene lugar: iniciará en la Avenida Atahualpa y Julio Jaramillo, Redondel de Huachi Chico y terminará en plaza de Huachi Grande.

Tabla 7. Análisis Ruta 1

Ruta 1							
Carga inicial de la batería	Velocidad promedio (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo de recorrido (min)	Altura (m)	Potencia (W)	Carga final de la batería	Temperatura (°C)
100 %	25 km/h	4 km	17 min	128 m	1000	80%	17 °C



Huachi Chico es una localidad en Ambato, y tiene una altitud de 2.743 metros

Huachi Grande es una localidad en Ambato y tiene una altitud de 2871 metros.

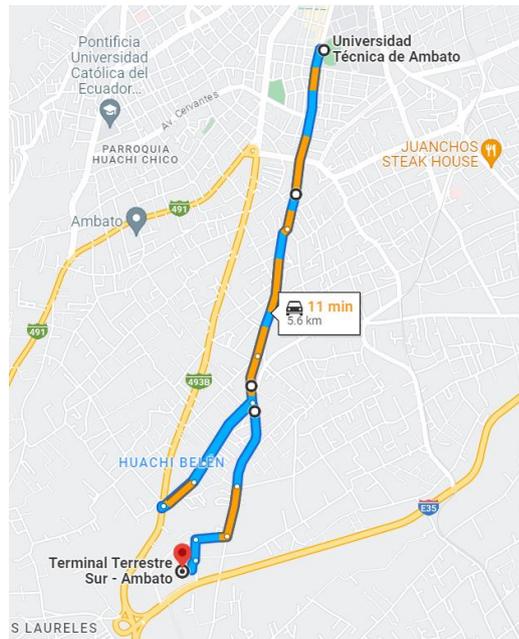
Se realizó un análisis básico del rendimiento de una bicicleta eléctrica en una prueba de ruta en Ambato, que iniciará en la Avenida Atahualpa y Julio Jaramillo, Redondel de Huachi Chico, y terminará en plaza de Huachi Grande. La bicicleta tenía una carga completa de batería al comienzo de la prueba y se registraron los siguientes datos: velocidad promedio de 25 km/h, distancia recorrida de 4 km en 17 minutos, altitud máxima de 128 m, potencia del motor de 1000 W y temperatura promedio de 17 °C. Estos datos proporcionan información sobre la autonomía, velocidad, eficiencia y condiciones ambientales durante la prueba. En general, los resultados indican que la bicicleta híbrida pudo recorrer una distancia de 4 km en 25 minutos utilizando aproximadamente el 20% de la carga de la batería. La velocidad promedio de 15 km/h muestra un desplazamiento moderado, mientras que la altitud y la potencia motora pueden influir en el rendimiento en diferentes terrenos.

Ruta 2 Universidad Técnica de Ambato – Terminal Terrestre Sur- Ambato.

La segunda ruta de pruebas tiene lugar: iniciará en la universidad Técnica de Ambato, y terminará en Terminal Terrestre Sur- Ambato, el recorrido se dirigirá a través de las siguientes vías: Avenida los Chasquis, calle Sixto María Duran, calle Pepe Jaramillo L. y calle Juan A. Guerrero

Tabla 8. Análisis Ruta 2

Ruta 2							
Carga inicial de la batería	Velocidad promedio (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo de recorrido (min)	Altura (m)	Potencia (W)	Carga final de la batería	Temperatura (°C)
100 %	25 km/h	5.6 km	21 min	118 m	1000	75%	17 °C



Universidad Técnica de Ambato es una localidad en Ambato, y tiene una altitud de 2723 metros.

Terminal Terrestre Sur- Ambato es una localidad en Ambato y tiene una altitud de 2841 metros.

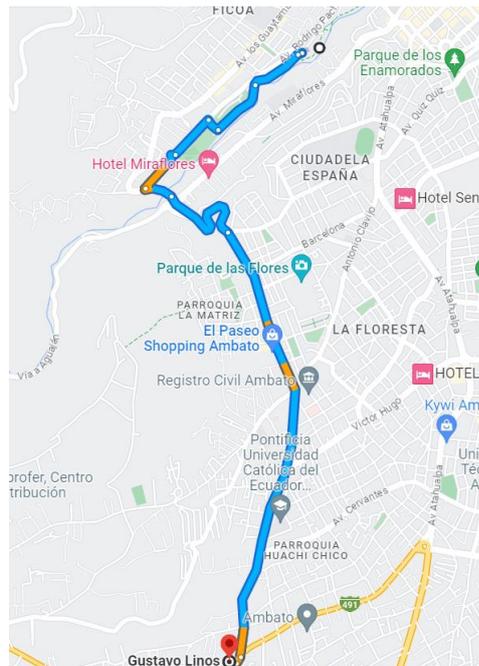
En la prueba de ruta Universidad Técnica de Ambato – Terminal Terrestre Sur- Ambato, la bicicleta eléctrica mostró un buen rendimiento. Comenzó con una carga completa de batería del 100% y recorrió 5.6 km en 21 minutos, a una velocidad promedio de 25 km/h. La altitud se mantuvo constante a 163 metros. Con una potencia motora de 1000 W, la bicicleta conservó un 75% de carga en la batería al finalizar. La temperatura promedio fue de 17 °C. En resumen, la bicicleta demostró buena autonomía, velocidad constante y eficiencia en el uso de la batería, respaldada por la potencia motora.

Ruta 3. Parque El sueño – Barrio la Magdalena.

La tercera ruta de pruebas tiene lugar: iniciará en el parque El sueño, y terminará en la plazoleta del barrio la Magdalena, el recorrido se dirigirá a través de las siguientes vías: Avenida Rodrigo Pachano, Avenida Los Guaytambos, Avenida Manuelita Sáenz y calle Gustavo Linos.

Tabla 9. Análisis Ruta 3

Ruta 3							
Carga inicial de la batería	Velocidad promedio (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo de recorrido (min)	Altura (m)	Potencia (W)	Carga final de la batería	Temperatura (°C)
100 %	20 km/h	5.5 km	29 min	243 m	1000	70%	17 °C



Parque El sueño es una localidad en Ambato, y tiene una altitud de 2578 metros

Barrio la Magdalena es una localidad en Ambato y tiene una altitud de 2821 metros

Los resultados de la ruta Parque El sueño – Barrio la Magdalena, indican que la bicicleta eléctrica tuvo un buen desempeño en la prueba de ruta. Mostró una buena autonomía al recorrer 5.5 km en un tiempo de 29 minutos, con una carga inicial del 100% de la batería. La velocidad promedio de 20 km/h indica un ritmo constante durante el recorrido. La altitud constante de 243 metros puede haber afectado el esfuerzo físico requerido. La potencia motora de 1000 W proporcionó asistencia adicional al pedaleo. La carga final del 70% sugiere que la batería conservó una cantidad significativa de energía después del recorrido. La temperatura promedio de 17 °C indica condiciones moderadas durante la prueba.

Ruta 4. Avenida Luis Aníbal Granja

La Cuarta ruta de pruebas tiene lugar: iniciará en Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Atahualpa y terminará Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Bolivariana.

Tabla 10. Análisis Ruta 4

Ruta 4							
Carga inicial de la batería	Velocidad promedio (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo de recorrido (min)	Altura (m)	Potencia (W)	Carga final de la batería	Temperatura (°C)
100 %	25 km/h	3.7 km	10 min	140 m	1000	70%	17 °C

Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Atahualpa, y tiene una altitud de 2801 metros.

Avenida Luis Aníbal Granja y Av. Bolivariana y tiene una altitud de 2661 metros.

Los resultados Avenida Luis Aníbal Granja, indican que la bicicleta eléctrica tuvo un buen desempeño en la prueba de ruta. Mostró una buena autonomía al recorrer 3.7 km con una carga inicial del 100% de la batería. La velocidad promedio de 25 km/h indica un ritmo constante durante el recorrido. La altitud constante de 140 metros puede haber afectado el esfuerzo físico requerido. La potencia motora de 1000 W proporcionó asistencia adicional al pedaleo. La carga final del 70% sugiere que la batería conservó una cantidad significativa de energía después del recorrido. La temperatura promedio de 17 °C indica condiciones moderadas durante la prueba.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el presente trabajo se puede mencionar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1. Conclusiones

- Al implementar un sistema eléctrico en una bicicleta de tracción trasera, es esencial elegir y utilizar los siguientes componentes clave: motor eléctrico, batería, controlador, pantalla y control de velocidad, sensor de pedaleo, y cableado y conectores adecuados. Estos componentes trabajan en conjunto para proporcionar una asistencia eléctrica eficiente y confiable, así como para monitorear la información esencial para el ciclista.
- Para el correcto funcionamiento del proyecto, se han determinado varios parámetros para implementar un sistema eléctrico en una bicicleta convencional. Estos parámetros incluyen la potencia, velocidad y torque del motor eléctrico. Han sido determinados mediante un análisis exhaustivo, lo cual ha permitido garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente de la bicicleta.
- La implementación del sistema eléctrico y mecánico en la estructura de una bicicleta requiere seguir una serie de pasos que incluyen la preparación de la estructura, la instalación del motor y la batería, la conexión del controlador y el sistema de cableado, la integración de la pantalla y los controles, el ajuste y la calibración, y las pruebas y ajustes finales. Al implementar el sistema eléctrico y mecánico, se logró una bicicleta de tracción trasera funcional y eficiente para la ciudad de Ambato.
- Las pruebas de funcionamiento de la bicicleta eléctrica en la ciudad de Ambato demostraron que es una opción viable y beneficiosa para el

transporte urbano. Sus ventajas en términos de eficiencia energética, ahorro de costos, versatilidad, conveniencia e impacto ambiental positivo la convierten en una alternativa atractiva para aquellos que buscan una forma más sostenible de desplazarse por la ciudad.

4.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar investigaciones adicionales para mejorar la eficiencia energética del sistema eléctrico en la bicicleta. Se puede explorar diferentes tecnologías de baterías, sistemas de gestión de energía y componentes de conversión de energía para maximizar el rendimiento y la autonomía de la bicicleta eléctrica
- Por otro lado, se debe investigar sobre el diseño ergonómico de la bicicleta eléctrica para garantizar una experiencia de conducción cómoda y segura. Considerar aspectos como la posición del asiento, los manubrios, los pedales y la distribución del peso para optimizar la comodidad del ciclista y reducir la fatiga durante los trayectos.
- Además, es necesario optimizar el rendimiento de la tracción trasera en diversos terrenos y condiciones climáticas. Se pueden evaluar tecnologías de control de tracción, sistemas de suspensión adaptables y materiales de neumáticos especializados para potenciar el agarre y la estabilidad de la bicicleta.
- Por último, se debe investigar cómo integrar tecnologías de conectividad en la bicicleta eléctrica, como sistemas de navegación, aplicaciones móviles, sensores y comunicación V2X (Vehicle-to-Everything). Esto puede permitir una mejor interacción con el entorno urbano y proporcionar información en tiempo real sobre condiciones de tráfico, rutas óptimas y servicios cercanos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Morales, «Conversión de Bicicletas a Eléctricas y Abastecimiento Autónomo,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2018.
- [2] J. Hoyos, A. Montoya, A. Diéz y J. Bohorquez, «Investigación, diseño y prototipo de una bicicleta eléctrica y tecnologías emergentes en baterías,» *Revista Investigaciones Aplicadas*, vol. 8, nº 1, pp. 60-70, 2014.
- [3] E.E. Agency, «European Union CO2 emissions: different accounting perspectives.,» *E.E. Agency*, pp. 10-15, 2013.
- [4] «la bicicleta en el cole,» la bicicleta en el cole, Enero 2018. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/labicicletaenelcole/para-los-alumnos-as/partes-de-la-bicicleta>. [Último acceso: Noviembre 2022].
- [5] Tejvan, «The growth of bike sharing schemes across globe,» *IBM Journal of Research and Development*, p. 2, 2013.
- [6] H. W. Libbey, «ELECTRIC BICYCLE». Estados Unidos Patente 547.441, Octubre 8 1895.
- [7] Xataka, «Bicicletas Eléctricas,» Xataka, [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/seleccion/que-bicicleta-electrica-comprar-2020-recomendaciones-17-modelos-400-a-5000-euros>. [Último acceso: 22 Septiembre 2022].
- [8] «¿QUÉ TAN RÁPIDO PUEDE IR UNA E-BIKE?,» Giant Bicycles, 2022. [En línea]. Available: <https://www.giant-bicycles.com/mx/campaigns/que-tan-rapido-puede-ir-una-e-bike/21531#:~:text=Tambi%C3%A9n%20hay%20bicicletas%20el%C3%A9ctricas%20que,la%20limitaci%C3%B3n%20de%20velocidad%20m%C3%A1xima..>
- [9] J. G. CHUNCHI UGUÑA y M. C. ESPINOZA GONZÁLEZ, Diseño y construcción del sistema de regeneración de energía y acumulación por supercondensadores para una bicicleta., Cuenca: UNIVERSIDAD DEL

AZUAY, 2015.

- [10] A. Sierra, «Autonomía de batería en bicicletas eléctricas. ¿Cuántos kilómetros puedo recorrer?,» LBDC, 17 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.sport.es/laborsadelcorredor/autonomia-de-bateria-en-bicicletas-electricas/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2022].
- [11] presto, «Cycling Policy Guide: General Framework. Proyecto europeo PRESTO,» Cycling Policy Guide: General Framework. Proyecto europeo PRESTO, Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.presto-cycling.eu/>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [12] biciscope, biciscope, 10 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.biciscope.com/partes-bicicleta/>. [Último acceso: Noviembre 2022].
- [13] D. Bueno , «BICICLETAS ELECTRICAS¿CÓMO FUNCIONAN?,» CNR, 26 Agosto 2013. [En línea]. Available: <https://bicicletaselectricas.wordpress.com/2013/08/26/las-bicicletas-electricas-en-el-mundo/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2022].
- [14] A. Iglesias Fraga, «businessinsider,» businessinsider, 11 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.businessinsider.es/bicicletas-electricas-son-mercado-21100-millones-dolares-386338>. [Último acceso: Noviembre 2022].
- [15] <https://www.tradebike.es/>, «<https://www.tradebike.es/>,» 07 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://www.tradebike.es/bike-data/20220707/europa-se-rinde-bicicleta-record-ventas-22-millones-unidades.aspx#:~:text=En%20cuanto%20a%20la%20producci%C3%B3n,pr oducidas%20en%20Europa%20en%202021..> [Último acceso: Noviembre 2022].
- [16] mordorintelligence, 2019. [En línea]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/latin-america-e-bike-market>. [Último acceso: Noviembre 2022].
- [17] repuestodeautos, «MÉXICO, LÍDER EN VENTAS DE AUTOS ELÉCTRICOS EN AMÉRICA LATINA – STATISTA,» Statista mobility

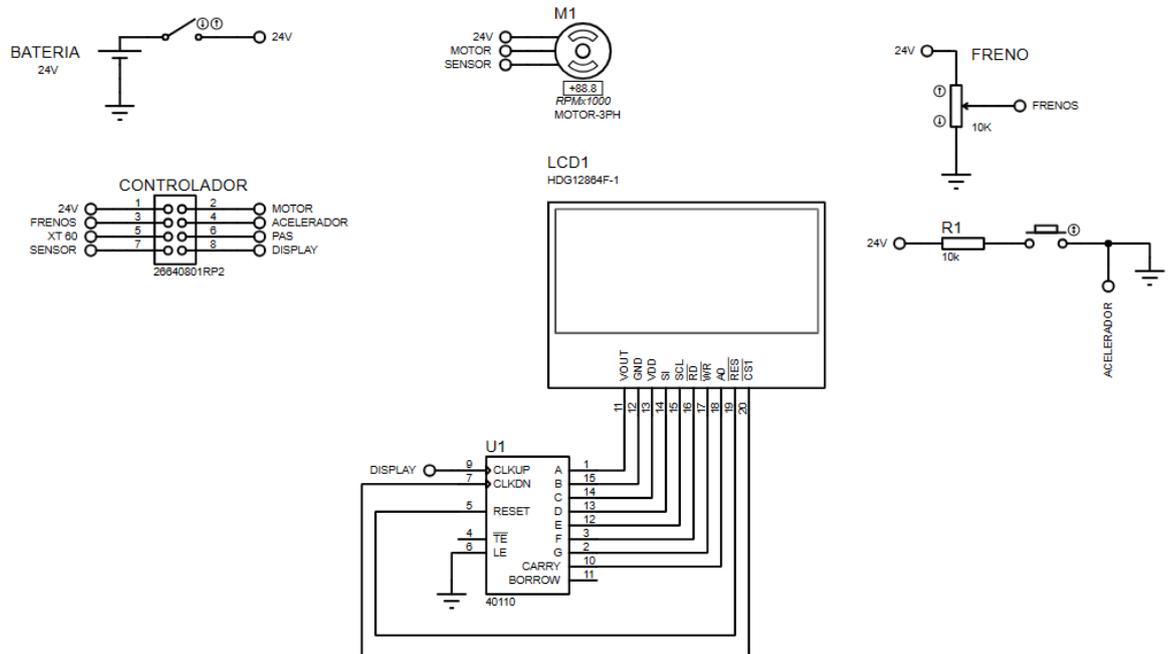
market outlook, 2021.

- [18] G. Coba, «primicias.ec,» primicias.ec, 13 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/pandemia-bicicletas-monopatines-ciudades-impulso/#:~:text=En%20el%20pa%C3%ADs%20el%20uso,Secretar%C3%ADa%20de%20Movilidad%20de%20Quito..> [Último acceso: Noviembre 2022].
- [19] automagazine, «automagazine,» 29 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://automagazine.ec/bicicletas-electricas-en-ecuador-alternativa-de-movilidad-sustentable/>. [Último acceso: noviembre 2022].
- [20] A. Monzón y G. Rondinella, «Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas,» mayo 2010. [En línea]. Available: http://istas.net/descargas/00-PROBICI_GuiaMovilidadCiclista-BajaRes.pdf. [Último acceso: Noviembre 2022].
- [21] P. E. Bernal Méndez y J. E. Torres Alvarracín , «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ASISTENCIA ELÉCTRICO EN UNA BICICLETA MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE BATERÍAS DE Ni-MH,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, CUENCA, 2019.
- [22] M. Bertoluzzo y G. Buja, «"Development of Electric Propulsion Systems for Light Electric Vehicles,» *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, vol. 7, n° 3, pp. 428-435, 2011.
- [23] M. Vergara, «Tecnología de Baterías,» Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, 2019.
- [24] NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, «NEMA Standards publication MG 1-2006: Motors and Generators,» NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2006.
- [25] D. Bueno, «Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características,» 2018. [En línea]. Available: <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>. [Último acceso: noviembre 2022].

- [26] I. Velasco, «CICLISMO 2.0,» 19 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.zikloland.com/chris-froome-la-finestre-la-ley-universal-persigue-al-ciclista-la-gravedad/>. [Último acceso: Diciembre 2022].
- [27] «La bicicleta conquista Europa,» Ecoavant, 02 Octubre 2013. [En línea]. Available: https://www.ecoavant.com/sostenibilidad/la-bicicleta-conquista-europa_1823_102.html. [Último acceso: 22 Septiembre 2022].

ANEXOS

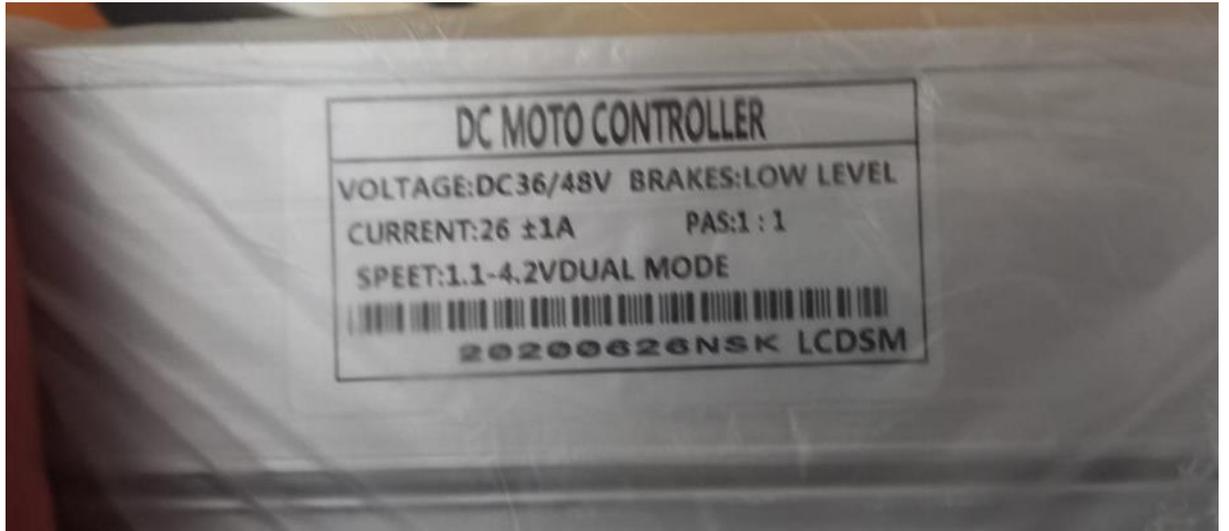
Anexo 1 Sistema Eléctrico



Anexo 2 bicicleta instalado Sistema Eléctrico



Anexo 3 controlador



Anexo 4 Motor



ACICLESMOTOS

FACTURA N° 001-002-000000065

R.U.C.: 1803711470001

NUMERO DE AUTORIZACION:

2507202301180371147000120010020000000651234567811

FECHA Y HORA DE AUTORIZACION:

2023-07-25 13:42:33

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISION: NORMAL

CLAVE DE ACCESO:



2507202301180371147000120010020000000651234567811

EDISON LEONARDO ESPIN
CRIOLLO
ACICLESMOTORS
MATRIZ: CALLE TRES 470 Y CASPICARA
SUCURSAL: CALLE TRES 470 Y CASPICARA
TELEFONO: 0993620186-032440284
EMAIL: edisonspin29@hotmail.com
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Razón Social / Nombres y Apellidos: VARGAS BERMUDEZ ALVARO TOMAS

Identificación: 1804795746

Fecha Emisión: 25/07/2023 Dirección: AMBATO

N°	Cod. Principal	Descripción	Cantidad	P. Unitario	Descuento	P. Total
1	B-ELECTRI	KIT DE CONVERSION BICICLETA ELECTRICA	1.00	419.6429	0.00	419.64

Informacion Adicional

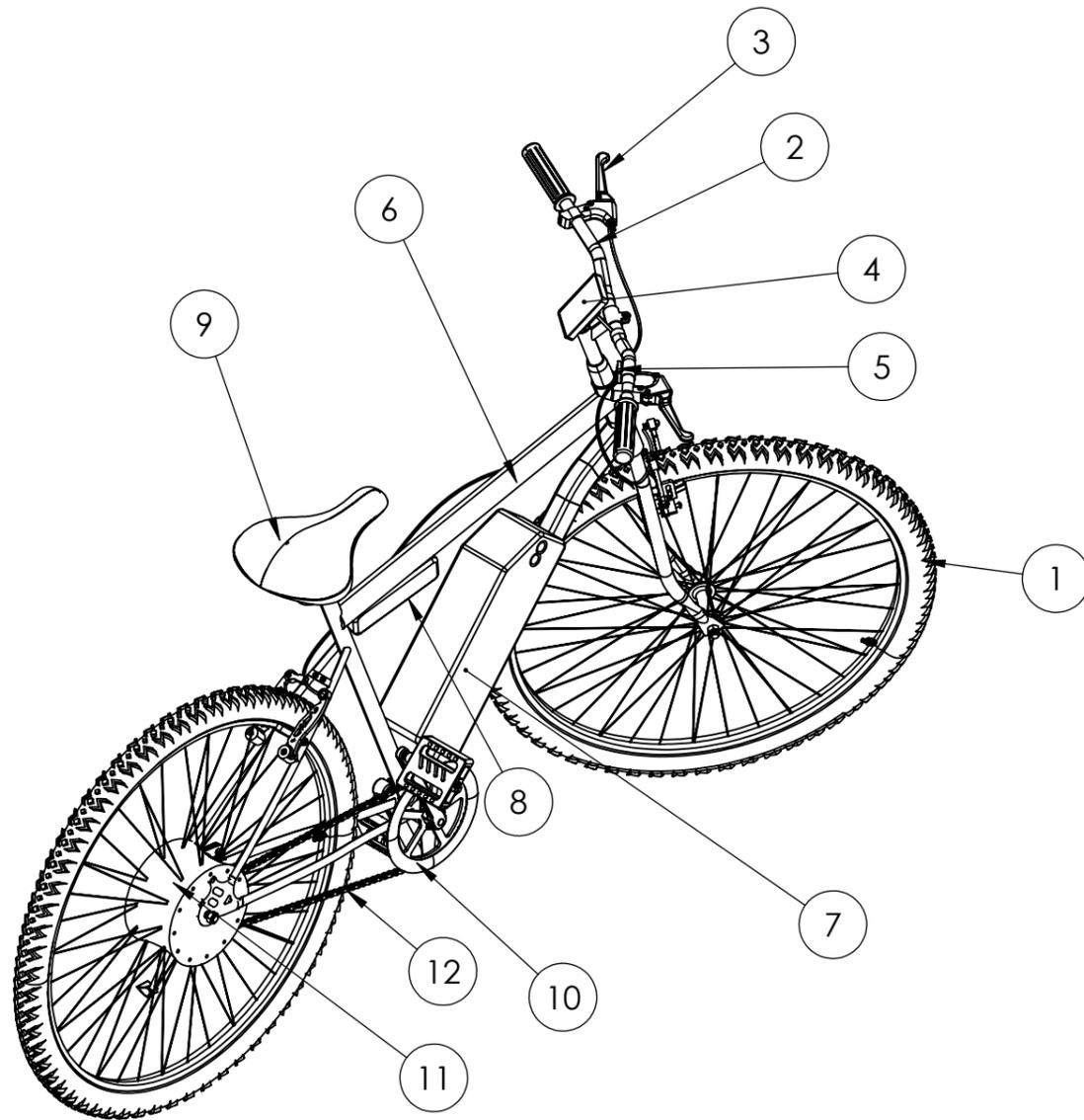
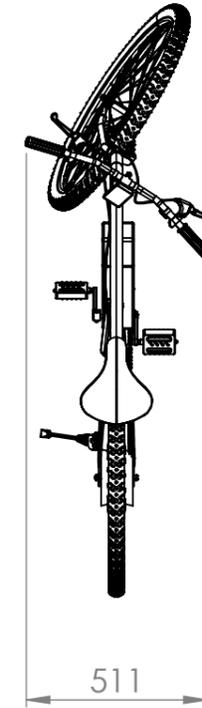
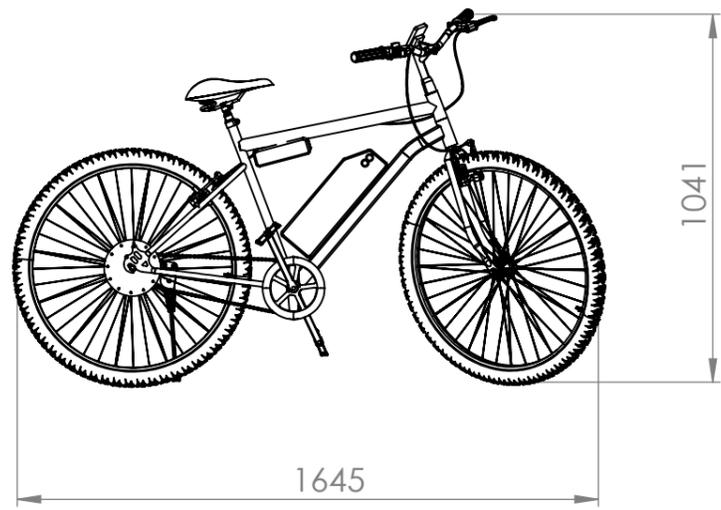
EMAIL CLIENTE: alvaro5-2@hotmail.com

TELEF CLIENTE: 999999999

Forma de Pago	Total	Plazo	Tiempo
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	470	0	DIAS

SUBTOTAL 12%	419.64
SUBTOTAL 0%	0.00
TOTAL DESCUENTO	0.00
SUBTOTAL	419.64
ICE	0.00
IVA 12%	50.36
VALOR TOTAL	470.00





NO.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
12	CADENA	1	ACEROS DE NÍQUEL CROMO	ADQUIRIDO
11	MOTOR	1	VARIOS	ADQUIRIDO
10	PIÑONES	6	ACERO DE NÍQUEL CROMO	ADQUIRIDO
9	ASIENTO	1	VARIOS	ADQUIRIDO
8	CIRCUITO ELECTRÓNICO	1	VARIOS	MANUFACTURADO
7	BATERÍA	1	VARIOS	ADQUIRIDO
6	MARCO DE BICICLETA	1	AA 1060	ADQUIRIDO
5	ACELERADOR	1	VARIOS	ADQUIRIDO
4	PANTALLA LED	1	VARIOS	ADQUIRIDOS
3	FRENOS	2	VARIOS	ADQUIRIDOS
2	MANUBRIO	1	AA 1060	ADQUIRIDO
1	LLANTA	2	VARIOS	ADQUIRIDO

TOLERANCIA:		PESO:	MATERIAL:	
±1		21.8 Kg	Varios	
FECHA:		NOMBRE:	TÍTULO:	
DIBUJO: 7/6/2023		Vargas Alvaro	Bicicleta eléctrica	
REVISO: 7/7/2023		Ing. Guamanquishhe Jorge, Mic.	ESCALA:	
APROBO: 7/7/2023		Ing. Guamanquishhe Jorge, Mic.	1:20	
U.T.A.			N.º DE LAMINA	REGISTRO:
Ingeniería Mecánica			HOJA 1 DE 1	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	SUSTITUCIÓN:	