

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas**

**Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA MOVILIDAD PERSONAL**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

**Autor:**

Castaño González Sebastián

**Director:**

Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía. MSc

Ibarra - Ecuador

2021



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA DE IDENTIFICACIÓN</b>	175654199-9	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Castaño González Sebastián	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Av. Calle Macas con intersección calle del Tucán	
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:scastanog@utn.edu.ec">scastanog@utn.edu.ec</a>	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-	<b>TELÉFONO MOVIL:</b> 0964099525

DATOS DE OBRA	
<b>TÍTULO</b>	IMPLEMETACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA MOVILIDAD PERSONAL
<b>AUTOR(ES)</b>	Castaño González Sebastián
<b>FECHA:</b>	06/10/2021
SOLO PARA TRABAJO DE GRADO	
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía. MSc.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

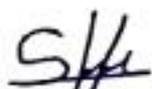
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

## **CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por tanto, la obra es original y que es el titular los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:

  
.....

Castaño González Sebastián

175654199-9

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo, Ormeño Mejía Eliana Carolina en calidad de tutor del señor, Castaño González Sebastián certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA MOVILIDAD PERSONAL”**. Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

.....

Ing. Eliana Carolina Ormeño Mejía. MSc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, por cada uno de los triunfos, momentos alegres y difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres quienes me han demostrado su apoyo incondicional todo el tiempo y siempre han creído en mí, que me han moldeado con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanas e hijo por darme las fuerzas para seguir adelante siendo su ejemplo y no dejarme desfallecer durante el proceso de formación.

A mis compañeros de carrera quienes también formaron parte de este largo proceso de formación académica pasando buenos momentos y cultivando grandes amistades.

A cada uno de los docentes que participaron en mi proceso académico aportando sus conocimientos y moldeando a un profesional en todo el sentido de la palabra.

A la MSc. Eliana Ormeño, directora de tesis, por su valiosa guía, paciencia, comprensión y asesoramiento a la realización de esta.

Gracias a todas las personas que intervinieron de manera directa o indirectamente en la realización del presente trabajo.

*Sebastián Castaño González*

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Carlos y Consuelo por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanas Valentina y Samantha y mi hijo Alejandro por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

Por último, quiero agradecer a mi tutor MSc. Eliana Ormeño, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto y quiero agradecer a todos mis compañeros, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían.

*Sebastián Castaño González*

## Contenido

PORTADA .....	1
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	i
CONSTANCIA .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
A1.- INTRODUCCIÓN .....	xii
A2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	xiv
A3.- JUSTIFICACIÓN .....	xiv
A4.- ALCANCE .....	xv
A5.- VIABILIDAD .....	xv
A6.- OBJETIVO GENERAL .....	xv
A7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	xv
CAPÍTULO 1 .....	2
1.1 Antecedentes y evolución de los vehículos eléctricos .....	2
1.2 Descripción general sobre los vehículos eléctricos .....	3
1.2.1 Aplicaciones de los monopatines eléctricos .....	5
1.2.2 Ventajas de sistemas de transporte sustentable .....	5
1.3 Componentes de un monopatín eléctrico .....	7
1.4 Normativa, reglamentos o políticas sobre Scooter eléctrico .....	15
1.5 Ejemplos vehículos eléctricos .....	16
CAPÍTULO 2 .....	18
2.1 Descripción del lugar de estudio .....	18
2.2 Metodología para el diseño de vehículo eléctrico para movilidad personal .....	18
2.3 Parámetros básicos de diseño y simulación .....	26
2.3.1 Cálculos del sistema eléctrico .....	28
2.4 Sistema de transmisión con cadena vs sistema de transmisión directa .....	30
2.4.1 Ventajas y desventajas de los sistemas de transmisión con cadena y sistema de transmisión directa .....	30
2.4.2 Criterios de evaluación .....	31
2.5 Selección del tipo de motor .....	33
2.6 Controlador .....	34

2.7	Diseño prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal.....	35
2.7.1	Parte mecánica .....	35
2.7.2	Parte eléctrica .....	37
Capítulo 3	.....	40
3.1	Metodología .....	40
3.2	Descripción valores comerciales de los componentes utilizados .....	40
3.3	Descripción de la construcción del prototipo de vehículo eléctrico.....	41
3.3.1	Instalación del sistema .....	42
3.3.2	Montaje del sistema. ....	45
3.4	Pruebas de funcionamiento .....	48
3.4.1	Pruebas de velocidad .....	49
3.5	Resultados .....	50
3.6	Validación de resultados .....	51
3.6.1	Cálculos del sistema .....	52
3.6.2	Comparativa con otros Scooter eléctricos del mercado nacional.....	56
3.7	Discusión final .....	56
Conclusiones	.....	58
Recomendaciones	.....	59
Bibliografía	.....	60
Anexos A	.....	63
Formulas diseño mecánico	.....	63
Anexos B	.....	68
Cálculos diseño mecánico	.....	68
MANUAL DE USUARIO	.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Esquema conceptual sobre la configuración de un vehículo eléctrico .....	3
Fig. 1.2: Monopatín de la marca Xiaomi modelo Mijia M365 .....	4
Fig. 1.3: Tipos de motores DC .....	7
Fig. 1.4: Comparación entre motores de combustión interna y eléctrico.....	8
Fig. 1.5: Amortiguador helicoidal .....	14
Fig. 2.1: Medida de los puntos de anclaje, para el sistema de transmisión de movimiento para la rueda trasera.....	29
Fig. 2.2 Simulación para el piñón T8F 64T.....	29
Fig. 2.3: Diferencia accionamiento tradicional del motor vs motor de transmisión directa. ...	33
Fig. 2.4: Controlador de 1500 W a 60 V .....	34
Fig. 2.5: Vista frontal del scooter eléctrico.....	36
Fig. 2.6: Vista de frente del scooter eléctrico.....	36
Fig. 2.7: Dimensiones del Scooter eléctrico .....	37
Fig. 3.1: Vista general del chasis del scooter eléctrico .....	42
Fig. 3.2: Terminales del motor.....	42
Fig. 3.3: Conexión sistema eléctrico.....	43
Fig. 3.4: Descripción terminales del controlador.....	43
Fig. 3.5: Montaje del scooter eléctrico.....	44
Fig. 3.6: Conexión sensores del motor .....	44
Fig. 3.7: a) Conector del cargador. b.) Conector del sistema hacia la batería. c) Conector de la batería hacia el controlador .....	44
Fig. 3.8: (a) conexión del Key switch, (b) conexión con el controlador .....	45
Fig. 3.9: Conexión del DC-DC reductor de voltaje.....	45
Fig. 3.10: Conexión de las luces del scooter .....	46
Fig. 3.11: Montaje divisor de voltaje del terminal de velocidad .....	47
Fig. 3.12: Montaje del sensor de freno .....	47
Fig. 3.13: Acelerador.....	48
Fig. 3.14: Montaje de sensor de voltaje para determinar el nivel de batería .....	48
Fig. 3.15: Pruebas de funcionamiento.....	48
Fig. 3.16: Velocidad máxima primera velocidad .....	49
Fig. 3.17: Velocidad máxima segunda velocidad.....	50
Fig. 3.18: Simulación del motor implementado.....	51
Fig. 3.19: Pesaje de los componentes .....	52
Fig. 3.20: Simulación motor de 1000 W y 4950 rpm .....	54
Fig. 3.21: Simulación motor 1000 w y 3000 rpm.....	54
Fig. 3.22: Simulación motor 1200 Watts y 5950 .....	55
Fig. 3.23: Simulación motor de 1200 W y 5600 RPM .....	55
Fig. A1: Formulario de áreas para secciones circulares. ....	67
Fig. B1: Geometría básica del scooter eléctrico .....	68
Fig. B2: Catálogo de CSpaRt TM, para piñones de ruedas traseras. ....	72
Fig. B3: Modificación scooter eléctrico .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 TIPOS DE SCOOTERS ELÉCTRICOS.....	4
TABLA 1.2 COMPARATIVA ENTRE EL VEHÍCULO ELÉCTRICO VS EL VEHÍCULO A COMBUSTIÓN.....	6
TABLA 1.3 DESCRIPCIÓN MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	7
TABLA 1.4 COMPARACIÓN ENTRE MOTORES BLDC VS MOTORES CC CON ESCOBILLAS.....	9
TABLA 1.5 TIPOS DE BATERÍAS ELÉCTRICAS.....	10
TABLA 1.6 TIPOS DE TRANSMISIÓN.....	11
TABLA 1.7 SISTEMAS DE FRENOS DE LOS MONOPATINES ELÉCTRICOS.....	12
TABLA 2.1 TABLA DE PUNTUACIÓN.....	19
TABLA 2.2 SELECCIÓN DEL MODELO.....	19
TABLA 2.3 SELECCIÓN DE LA BATERÍA.....	20
TABLA 2.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE FRENOS.....	20
TABLA 2.5 ECUACIONES MECÁNICAS.....	21
TABLA 2.6 ECUACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	26
TABLA 2.7 DETALLE DE PESOS A TRANSPORTAR.....	26
TABLA 2.8 RESUMEN DE LAS FUERZAS ACTUANTES.....	27
TABLA 2.9 RESUMEN CÁLCULOS DEL DISEÑO MECÁNICO.....	27
TABLA 2.10 TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS MÍNIMOS DE FUNCIONAMIENTO...	29
TABLA 2.11 TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	31
TABLA 2.12 MATRIZ DE PONDERACIÓN SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	32
TABLA 2.13 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR ELÉCTRICO.....	34
TABLA 2.14 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTROLADOR.....	35
TABLA 2.15 DIMENSIONES DEL SCOOTER ELÉCTRICO.....	37
TABLA 2.16 RESUMEN DE COMPONENTES SELECCIONADOS.....	38
TABLA 3.1 COSTOS COMERCIALES DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS.....	41
TABLA 3.2 CONEXIÓN DE LOS TERMINALES DEL DC-DC BUCK.....	46
TABLA 3.3 CONEXION DE LOS PUERTOS DE LOS MODULOS L298D.....	46
TABLA 3.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	50
TABLA 3.5: PESO NETO DEL PROTOTIPO DE SCOOTER ELÉCTRICO.....	52
TABLA 3.6 VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	56
TABLA B1: PESO PARA SOPORTAR DE BATERÍA Y CONTROLADOR.....	70
TABLA B2: CARACTERÍSTICAS BARRA SOLDABLE DE ACERO ASTM A706.....	71

## RESUMEN

En los últimos años en Ecuador la demanda de medios de transporte ha ido aumentando exponencialmente y al ser los combustibles fósiles la opción más utilizada para su funcionamiento también ha provocado de una forma directamente proporcional el crecimiento de la contaminación ambiental, emisión de smog, ruido y gases de efecto invernadero (GEI). Ante esta problemática, se ha propuesto el desarrollo de un prototipo de vehículo eléctrico ayudando a obtener una movilidad personal eficaz sin afectar drásticamente al medio ambiente y que sea accesible económicamente, apoyados por nuevas regulaciones implementadas en el país para permitir el uso de un medio de transporte sustentable y amigable con el medio ambiente.

La selección de los componentes eléctricos se realizó mediante matrices de comparación que permitió la óptima selección de tecnologías. Para los diseños y validaciones se hizo uso de cálculos teóricos sustentados en el análisis bibliográficos y apoyos con software.

Como resultado se obtuvo el montaje de un patinete eléctrico, con un peso neto de 60,3 kg a velocidades máximas de 35 km / h en su primera velocidad y 50 km/h en su segunda velocidad en línea recta; El vehículo tiene una autonomía de 23 km y un tiempo de carga de 5 h 41 min, posee un porcentaje del 100% de piezas encontradas localmente, en su sistema mecánico.

**Palabras claves:** Scooter, movilidad personal, movilidad ecológica.

## ABSTRACT

In recent years in Ecuador, the demand for means of transport has been increasing exponentially and, as fossil fuels are the most used option for their operation, it has also caused in a directly proportional way the growth of environmental pollution, smog emission, noise, and greenhouse gases (GHG). Faced with this problem, it has been proposed to develop a prototype of an electric vehicle helping to obtain effective personal mobility without drastically affecting the environment and making it economically accessible, supported by new regulations implemented in the country to allow the use of a means of transport sustainable and friendly to the environment.

The selection of the electrical components was made using comparison matrices that the optimal selection of technologies. For the designs and validations, theoretical calculations based on bibliographic analysis and software support were used.

As a result, the assembly of an electric scooter was obtained, with a net weight of 60.3 kg at maximum speed of 35 km / h in its first speed and 50 km / h in its second speed in a straight line; The vehicle has a range of 23 km and a charging time of 5 h 41 min, it has a percentage of 100% of parts found locally, in its mechanical system.

**Keywords:** scooter, personal mobility, ecological mobility.

## A1.- INTRODUCCIÓN

### Contextualización

La movilidad está ligada a los combustibles fósiles y, en consecuencia, con el medio ambiente. Además del aumento de generación de contaminación que genera calentamiento global, la utilización de estos combustibles afecta la salud de la población. (Martínez, 2018). (Varcacel, Sanchez, Navarro, & Iglesias, 2014) afirman que la contaminación ambiental y auditiva que producen los vehículos de motor a combustión está originada por el monóxido de carbono y que en cualquiera de las calles con tráfico intenso se pueden alcanzar fácilmente los 100 decibelios, lo cual no es recomendable para la salud, por otro lado dando un punto de vista nacional (Rodríguez, 2015) afirma que en el año 2015 en Quito se realizó un informe sobre la contaminación ambiental, donde se constató que el 90% de la contaminación es emitida por autos a gasolina y el consumo promedio anual en galones de gasolina es de 150 millones, y Diesel de 80 millones. Como sabemos el petróleo es el principal elemento para el desarrollo de la gasolina, pero es una fuente no renovable de energía (Fuentes, 2014), por lo cual es necesario crear sistemas que nos proporcionen altos niveles de movilidad, al tiempo que se reduce la dependencia de los derivados del petróleo, apoyados en las energías limpias, como los vehículos eléctricos. (Martínez, 2018)

En el siglo XX, surgió la popularidad de los vehículos eléctricos, debido al incremento de costo de los combustibles fósiles como, gas natural, petróleo y carbón (Rodríguez, 2015), pero no fue hasta mediados de los años 90 que apareció el primer vehículo eléctrico comercial denominado "EV1" que fue fabricado por General Motors (Perez & Vaquero, 2016). Los vehículos eléctricos en los últimos años han tenido gran aceptación a nivel mundial, tal es el caso que, en países como Suiza, Alemania, Francia, España e Italia, existe una red de energía solar llamada Park & Charge, utilizadas como estaciones públicas para cargar los vehículos eléctricos. Por ejemplo, en el año 2013 en España, se matricularon alrededor de 171 motocicletas eléctricas, este país está tratando de reducir la contaminación atmosférica y al mismo tiempo, reducir el nivel de congestión vehicular. (Rodríguez, 2015). En Uruguay la alcaldía de la ciudad de Montevideo en apoyo con el Ministerio de Industria, Energía y Minería, después de un análisis en donde realizaron pruebas técnicas a los autos, informes técnicos y económicos se decidió la incorporación de este tipo de vehículos eléctricos al sistema de transporte y para la integración de estos vehículos al mercado nacional, fue necesario el apoyo del Poder Ejecutivo el cual exoneró por un periodo la tasa arancelaria sobre estos vehículos eléctricos (Veloz & Calle, 2016). Dada la gran aceptación que ha tenido estas nuevas tecnologías las principales empresas encargadas de comercializar motos eléctricas son: Golden Motor de China, Harley- Davidson, BMW, Honda y KTM, estas empresas se han enfocado a la revolución del transporte eléctrico.

A nivel latinoamericano también existen incentivos por el uso de energías limpias aplicados a la movilidad eléctrica como lo detalla (López & Galarza, 2017) Brasil: oferta la eliminación del pago de IVA y eliminar permisos de circulación, Colombia: incentiva con la eliminación el pago del IVA, no decretar programas de restricción vehicular y eliminación de impuestos aduaneros, Chile: no decretar programas de restricción vehicular, tarifas eléctricas diferenciadas y eliminación de impuesto ambiental. (Rodríguez, 2015) afirma que en Ecuador no se utiliza aún motocicletas eléctricas, lo más cercano que existe, son monopatines eléctricos, dentro de esta categoría se destaca la empresa Eride y es catalogado por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) como bicicletas. Los conductores de monopatines eléctricos no necesitan licencia de manejo ni matriculación como lo señala la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en su Art. 92. Estas nuevas formas de movilidad nos ofertan diversas ventajas sobre la movilidad convencional como no lo detalla (España, 2019) reducción de más del 65% de las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a los vehículos convencionales, mayor eficiencia energética, mejorar la calidad del aire en las ciudades, reducción de ruido y mayor fiabilidad, los vehículos eléctricos se promueven como uno de los medios para reducir dicha dependencia del petróleo en el sector del transporte, y también las emisiones de gases de efecto invernadero (Valero-Bover, Olivella-Rosell, & Villafafila-Robles, 2019), tal es el caso que el gobierno ecuatoriano a través del plan nacional del buen vivir 2017- 2021 apoya la creación de las nuevas tecnologías de movilidad en puntos como: mejorar la calidad de vida de la población, promover la sostenibilidad ambiental, impulsar la transformación de la matriz productiva e impulsar la eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación tecnológica e industrial. De tal manera que a nivel nacional ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca ya cuentan con flotas de vehículos de transporte masivo como lo son buses y taxis.

Según (Fuentes, 2014) en muchas ciudades del mundo los monopatines eléctricos son una forma de movilidad personal muy llamativa y apetecible, ya que no son caros, tienen un mantenimiento sencillo y permiten velocidades más altas y cargas mayores a las bicicletas y sus exigencias viales y de aparcamiento son mínimas, por ello lo hace una gran opción para ciudades donde las calles estrechas y la densidad de tráfico no son muy adecuadas para los coches, por otra parte (Mena, Bonilla, Bastidas, & Cabrera, 2014) destacan que un monopatín eléctrico presenta ventajas como cero contaminación ambiental, cero ruidos y bajos costos de mantenimiento. Cabe destacar el alto rendimiento del motor eléctrico (60-85%) frente al del motor de combustión interna (15-20%). Esto unido a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el uso de este tipo de vehículos está especialmente indicado para entornos urbanos en los que, a causa del tráfico, se está continuamente acelerando y decelerando (Perez & Vaquero, 2016)

A nivel mundial, la aceptación de los vehículos eléctricos va creciendo de forma exponencial, de tal forma que se estima que en el año 2015 se vendieron 40 millones de motocicletas y bicicletas eléctricas a nivel global, de las cuales entre 30 y 35 millones se llevaron a cabo en China y Latinoamérica representando el 5% del mercado global. El potencial es grande y se espera que tenga mayor crecimiento en la región dado los costos menores por vehículo y las ventajas que estas representan en desplazamientos urbanos. (López & Galarza, 2017). Los monopatines eléctricos pueden ser utilizados como medio de transporte por las personas hasta de la tercera edad y también puede ser un vehículo de inclusión, ya que por su fácil manejo puede ser utilizado por personas que sufren de minusválida (Berrián, 2018).

## **A2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente, la ciudadanía utiliza como forma de transporte vehículos con motor a combustión a base de combustibles fósiles, tales como gasolina o derivados del petróleo, que son una fuente de energía no renovable. En Ecuador aproximadamente se consumen 13.52 galones per cápita anuales, dicha movilidad convencional acarrea grandes consecuencias al medio ambiente debido a la emisión del CO<sub>2</sub> el cual cubre el 90% de la contaminación a nivel nacional (Rodríguez, 2015), de la misma forma que afectan la salud de las personas.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo desarrollar un prototipo de vehículo eléctrico ayudando a obtener una movilidad personal eficaz sin afectar drásticamente al medio ambiente y que sea accesible económicamente?

## **A3.- JUSTIFICACIÓN**

La utilización de vehículos eléctricos en la actualidad está gozando de un gran apoyo del gobierno a través del Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca, donde manifiestan que mediante la Resolución Comex 016 -2019 se reducen al 0% el arancel a la importación de vehículos eléctricos para uso particular, transporte público y de carga. De la misma manera, en el pliego tarifario 2019 se manifiesta que en el país existe una tarifa especial para la energía que se destine a la carga de vehículos eléctricos, con esta iniciativa el país busca minimizar el impacto ambiental, promoviendo la construcción de sistemas de movilidad sustentable, disminuyendo los efectos de la contaminación, la destrucción ambiental y, facilitando el acceso a nuevos y modernos medios de transporte, en el cual debido al diseño de movilidad personal se reduce espacio y gran cantidad de componentes, lo que desencadena en costo accesible a la ciudadanía en comparación a los vehículos eléctricos populares.

#### **A4.- ALCANCE**

El presente proyecto busca realizar la implementación de un prototipo de monopatín eléctrico para movilidad personal, para lo que será necesario desarrollar el diseño del sistema donde se realizará los cálculos pertinentes que aseguren la óptima selección de tecnología para los diferentes componentes eléctricos, los cuales permitan ser implementados en el chasis del monopatín de tal forma que permita el desplazamiento con confiabilidad y confort para la ciudadanía.

#### **A5.- VIABILIDAD**

El proyecto cuenta con una amplia disponibilidad de materiales adquiribles en el mercado nacional, de la misma manera la información técnica se encuentra en libros y publicaciones y el asesoramiento de un tutor en la carrera asegura un trabajo de calidad para su completo desarrollo, como también un presupuesto accesible para el estudiante. Siendo así un proyecto viable que permite la implementación de un vehículo eléctrico para movilidad personal.

### **OBJETIVOS**

#### **A6.- OBJETIVO GENERAL**

Implementar un prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal en tamaño real para promover el uso de sistemas de movilidad sustentable.

#### **A7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un análisis de tecnologías para el vehículo eléctrico.
- Diseñar un prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal.
- Evaluar el funcionamiento de la implementación del prototipo para movilidad personal.

# CAPÍTULO 1

En el presente capítulo se dispone la información necesaria que se utilizó para el desarrollo del prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal. En el mismo, se puede encontrar información básica de su constitución, tecnologías más utilizadas mediante cuadros comparativos y ejemplos de vehículos para movilidad personal.

## 1.1 Antecedentes y evolución de los vehículos eléctricos

Siempre se ha observado una gran necesidad de contar con una forma de transporte que nos permita viajar largos trayectos con un esfuerzo físico mínimo, por ello a lo largo de la historia se han creado formas de transporte aérea, marítima y terrestre que permitan satisfacer tal necesidad. El vehículo convencional que utiliza motores a combustión es la forma de transporte más popular para movilizaciones terrestres, pero afecta drásticamente al medio ambiente ya que, al aumentar la contaminación atmosférica, apoya el calentamiento global debido al efecto invernadero. Además, permite la creación de otros efectos externos que influyen directamente sobre la calidad de vida de los ciudadanos por medio de toxinas que influyen directamente en su salud (Minguela, 2016).

Para reducir esta problemática, en los últimos años se ha estado trabajando, en la transformación del sistema de transporte actual a uno ambiental, en donde unas de las principales ventajas que muestra el vehículo eléctrico versus el vehículo convencional es el rendimiento que estos poseen, la mayor parte de la energía brindada por la combustión son pérdidas en forma de calor, ruido, vibraciones y residuos que se lanzan a la atmósfera. Esto significa que, de cada diez litros de gasolina se desperdician entre 7 y 7 litros y medio (Minguela, 2016). Según la CORPAIRE, institución encargada de la calidad del aire en Quito, informa que los vehículos que utiliza combustibles derivados del petróleo son los más contaminantes a escala nacional que cubre alrededor del 66% vinculado principalmente a la calidad de los combustibles. (Araujo, 2015) (Lema, 2016)

Los vehículos eléctricos poseen una subdivisión donde las tecnologías más conocidas son los autos y motocicletas eléctricas, en donde las motocicletas eléctricas usadas a escala mundial son proporcionales a la tecnología que crean ciertos países y por el nivel de contaminación ambiental. Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Asia, y una parte de América Latina, disponen de motocicletas eléctricas. Ahora, el presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un monopatín eléctrico que permita promover el uso de transporte sustentable accesible económicamente a la ciudadanía que mediante su confiabilidad y confort se posicione como la alternativa número uno de transporte personal.

Gracias a la popularidad de los vehículos eléctricos, es que el consumo de energía del sector transporte supone un gran porcentaje del total de la energía final consumida a nivel nacional (Valencia, 2018). Además, se encuentra en constante crecimiento y desarrollo de la misma forma que existen leyes, resoluciones y tarifas especiales para la energía destinada a los vehículos eléctricos que facilitan la inserción de tecnología que encamina un desarrollo del transporte sustentable.

## 1.2 Descripción general sobre los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos son aquellos que son impulsados por medio de motores eléctricos que transforman la electricidad en impulsos mecánicos por medio de baterías. El sistema de generación y almacenamiento de la energía eléctrica es el sistema básico para poder movilizarse. La fuerza aplicada puede ser entregada por ruedas impulsadas por motores rotativos o también se pueden utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales (García, 2015). A continuación, la Figura 1.1 nos detalla mediante un esquema la configuración de un vehículo eléctrico.

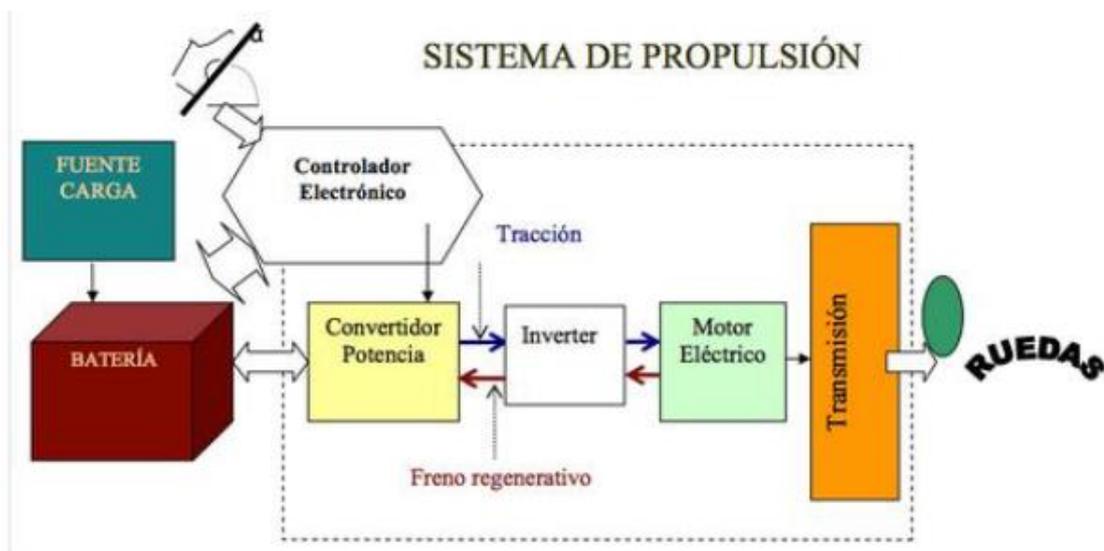


Fig. 1.1: Esquema conceptual sobre la configuración de un vehículo eléctrico

Fuente: (García, 2015)

Los vehículos eléctricos poseen una subdivisión en donde nos enfocaremos en los monopatines eléctricos, los cuales son básicamente patinetes impulsados mediante un motor eléctrico. Los monopatines eléctricos cada vez son más populares debido al aumento de tendencia sobre la movilidad eléctrica que permiten cubrir de forma rápida y confortable distancias cortas y en algunas ciudades es un medio de transporte popular debido a sus costos, mantenimiento y facilidad de traslado, con ello se espera que el uso de monopatines eléctricos alivie la situación del tráfico y reducir la dependencia del petróleo, de la misma manera la emisión de gases de efecto invernadero. (Valero-Bover, Olivella-Rosell, &

Villafafila-Robles, 2019) Actualmente existen empresas que están incursionando con estos nuevos modelos de transporte de manera sustentable para la ciudadanía como se puede evidenciar en la Figura 1.2:



Fig. 1.2: Monopatín de la marca Xiaomi modelo Mijia M365

Fuente: (Patineteeléctrico, 2018)

Un monopatín o patinete eléctrico es vehículo ligero que presenta facilidades de manejo, que para su propulsión utiliza un motor eléctrico, su característica principal es el chasis abierto que posee, el cual permite que el conductor se traslade con confort (Parión, 2019). Dicho vehículo posee tres clasificaciones que se detallan a continuación en la Tabla 1.1:

- Vespa o motoneta
- Ciclomotor o bicicleta
- Patinete

TABLA 1.1  
TIPOS DE SCOOTERS ELÉCTRICOS

Tipo	Descripción	Ilustración
Vespa o motoneta	Es una motoneta con motor eléctrico, su diseño es exclusivo del fabricante, por tal motivo, la facilidad de encontrar sus repuestos es baja debido a que si se desea cambiar alguna componente es necesario buscar la original o adaptar alguna existente de otro modelo.	
Ciclomotor o bicicleta	Se lo considera como un híbrido entre una motocicleta y una bicicleta	

	con motor eléctrico, por tal motivo la facilidad de conseguir sus repuestos es un poco mayor al modelo tipo vespa a motoneta.	
Patinete	Es un híbrido entre una bicicleta y un patinete con motor eléctrico, por tal motivo la facilidad de conseguir sus repuestos es más versátil.	

Fuente: (Parión, 2019)

Los pesos de estos vehículos varían en dependencia del tamaño y cantidad de componentes que se utilicen, pero el peso promedio que posee este tipo de vehículos es de cerca de 13 kg para los monopatines, en cuanto a sus dimensiones, se encuentran en un rango que oscila entre 100 x 100 cm, aproximadamente, en los monopatines, y 180 x 100 cm en las bicicletas, dichas medidas hacen referencia a sus dimensiones cuando se encuentran desplegados ya que en algunos casos sus modelos son plegables. (Cáceres G. , 2018)

### 1.2.1 Aplicaciones de los monopatines eléctricos

Los sistemas de transporte sustentables basados en monopatines eléctricos hoy en día es visualizado como una forma de transporte fácil de manejar, por ello en muchas ciudades es un medio de transporte popular que permiten movilizarse en la ciudad (Díaz & Baelo, 2018). Debido a ello en el país se espera que en los próximos años existirán monopatines eléctricos en Quito y Guayaquil, en donde la primera etapa será de prueba y luego se prevé incrementar el número de unidades. (Celi, 2019)

### 1.2.2 Ventajas de sistemas de transporte sustentable

Actualmente en países como Suiza, Alemania, Francia, España e Italia están optando por sistemas de transporte sustentables (Valencia, 2018). Los monopatines eléctricos contribuyen a reducir los daños al medio ambiente. Sin duda la aparición de estos vehículos de batería ha supuesto una gran solución para conseguir reducir los niveles de contaminación en la atmósfera, ya que no desprenden gases tóxicos o contaminantes de ningún tipo, al concreto de lo que sucede con los coches (Valero-Bover, Olivella-Rosell, & Villafafila-Robles, 2019). Es decir, los monopatines eléctricos contribuyen al cuidado del entorno que nos rodea.

El entretenimiento que oferta este medio de transporte es sin lugar a duda, otra de sus ventajas, tanto para los más jóvenes como para los mayores. La diversión está asegurada al utilizar los monopatines eléctricos como medio de transporte gracias a su confiabilidad y confort. Otro aspecto destacable es el confort que ofrecen a quienes los utilizan y es que existen algunos modelos en los que incluso llevan ya de serie incorporados con asientos para ir sentado y cestas para poder transportar tus objetos personales o pequeñas bolsas. En resumen, (Daghero, 2019) nos describe las ventajas que se ofertan:

- Autonomía
- Acorta distancia
- Diversión
- Viajes con estilo
- Eliminación de las emisiones atmosféricas locales
- Reducción del ruido
- Utilización de las energías renovables.
- Confiabilidad y confort al momento de trasladarse.

A continuación, se detalla en la Tabla 1.2 un cuadro comparativo entre los vehículos eléctricos vs los de combustión.

TABLA 1.2  
COMPARATIVA ENTRE EL VEHÍCULO ELÉCTRICO VS EL VEHÍCULO A COMBUSTIÓN

<b>Vehículo eléctrico</b>	<b>Vehículo a combustión</b>
La electricidad puede ser obtenida de fuentes renovables.	La gasolina es un derivado del petróleo, el cual es una fuente no renovable y limitada.
Posee mayor rendimiento (60-85%).	Bajo rendimiento (15-20%)
No produce gases contaminantes.	Emite gases de efecto invernadero.
Costos de mantenimiento bajos.	Altos costos de mantenimiento.
Proporcionan mayor par de arranque.	Los motores de combustión no cuentan con un par de arranque, por eso es necesario la utilización de la caja de velocidades y del embrague.

*Fuente: (Taborda & Vázquez, 2018) (Chavez, Muñoz, Rojas, & Vera, 2018)*

Como se puede apreciar los vehículos eléctricos posee ventajas sobre los de combustión tanto para el medio ambiente como beneficios al usuario como el rendimiento y costos de mantenimiento, de la misma manera se conoce que los vehículos a combustión son dependientes de una fuente no renovable la cual en cualquier momento se agotara, por lo cual los vehículos eléctricos son una gran opción para reemplazarlos.

### 1.3 Componentes de un monopatín eléctrico

Los componentes principales de un monopatín eléctrico se detallan a continuación:

- Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que permite la transformación de electricidad a energía mecánica de rotación por medio la acción del campo magnético que se genera en sus bobinas, dichos motores no necesitan el proceso de combustión de los vehículos convencionales, por ellos un motor eléctrico no requiere de ventilación ni combustibles constantes, a diferencia de los motores de combustión interna; por esta razón es adecuado en ambientes donde no se desea tener residuos contaminantes. (Chapman, 2012)

En el mercado existen diferentes tipos de motores eléctricos de corriente continua, los cuales cambian su potencia y tamaño de acuerdo con sus especificaciones, los más importantes se muestran en la Figura 1.3:

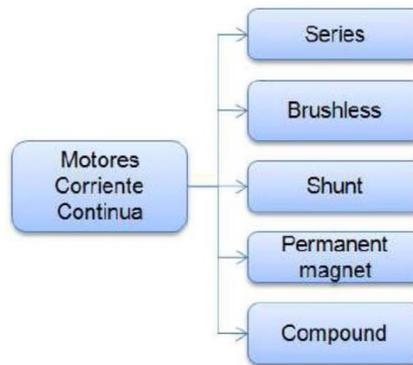


Fig. 1.3: Tipos de motores DC

Fuente: (Valencia, 2018)

A continuación, en la Tabla 1.3 se puede observar una pequeña comparativa entre cada uno de los motores de corriente continua:

TABLA 1.3  
DESCRIPCIÓN MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Tipo	Descripción
Motor de excitación en serie	Está conectado en serie el devanado del estator con el devanado del rotor es donde la corriente del estator es igual a la corriente del rotor.
Motor Shunt o paralelo	Conecta en paralelo el devanado del estator con el devanado del rotor, dicho motor, posee alta resistencia eléctrica, razón por la que no puede manejar una gran cantidad de corriente de excitación, lo que significa que el motor desarrolla un bajo torque.
Motor compound.	Es una combinación de motores de excitación en serie y Shunt, obteniendo una característica híbrida, por lo cual posee un mayor torque que el motor Shunt.

Motores de imán permanente.	Combinan los campos magnéticos de los imanes y campos magnéticos del estator, donde el imán permanente produce un flujo magnético con una pequeña masa. Los imanes permanentes poseen una gran capacidad de almacenamiento de energía magnética. Estos motores han llegado a ser similares al motor tipo Shunt, en su velocidad, torque y frenado regenerativo.
Motor Brushless.	No tiene escobillas por lo que la corriente pasa directamente por las bobinas del estator, creando así un campo magnético producido por los imanes permanentes, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor, y por lo tanto al eje del motor.

Fuente: (Valencia, 2018)

Estos motores eléctricos son los más utilizados en los vehículos eléctricos, por lo que a continuación en la Figura 1.4 se ilustra una comparación entre motores de combustión interna y motores eléctricos que nos permite analizar que el motor eléctrico desarrolla un alto torque a bajas revoluciones:

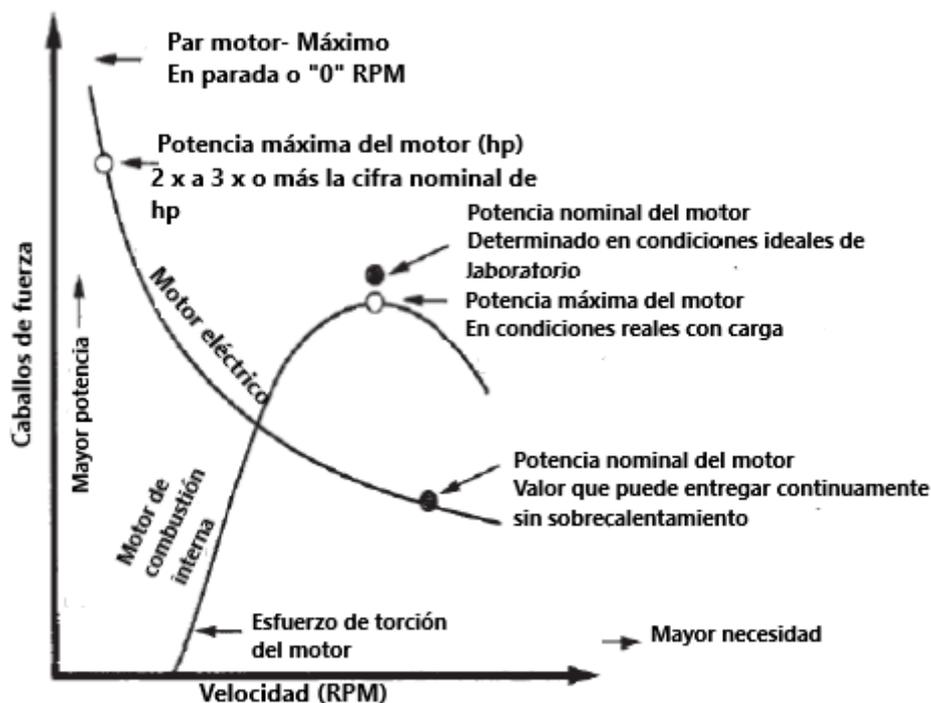


Fig. 1.4: Comparación entre motores de combustión interna y eléctrico

Fuente: (Valencia, 2018)

- Motores para el monopatín eléctrico

Actualmente en la industria existen dos tipos de motores utilizados en los vehículos eléctricos que se comparan en la Tabla 1.4:

TABLA 1.4  
COMPARACIÓN ENTRE MOTORES BLDC VS MOTORES CC CON ESCOBILLAS

<b>Característica</b>	<b>Motor BLDC</b>	<b>Motor CC con escobillas</b>
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores Hall de posición o, de peor manera, posicionamiento sensores	Conmutación a partir de las escobillas
Mantenimiento	Bajo rozamiento y falta de escobillas, por lo tanto, bajo mantenimiento necesario	Al tener escobillas el mantenimiento es mayor
Vida estimada	Más larga que con escobillas	Más corta que BLDC
Performance	Par decreciente a la vez que aumentan las RPM linealmente	Par decreciente a la vez que aumentan las RPM, pero siguiendo la forma de una función racional ( $y=1/x$ )
Eficiencia	Muy alta: no hay resistencia en los sensores hall, en modo sensor 9es ni siquiera hay sensores	Moderada: las escobillas crean una resistencia que origina una caída de potencial en las conexiones
Densidad de potencia	Alta: Gracias a mejor características térmicas, debido al bajo rozamiento y mejor disipación térmica, los motores pueden ser más pequeños manteniendo la potencia	Baja: Alta generación de calor y baja disipación térmica obligan a la carcasa a ser de mayor tamaño para poder disipar el calor producido, principalmente por las escobillas.
Inercia del rotor	Baja: los imanes se hallan en el motor	Alta
Rango de velocidad	Alto: no hay limitación por conmutador o escobillas. Limitado por la propia construcción de la carcasa	Baja: las escobillas proporcionan limitaciones mecánicas.
Ruido eléctrico	Bajo: bajo rozamiento y alta eficiencia	Se generan arcos entre las escobillas que producirán interferencias en los sistemas cercanos. Problemas en el caso de emisoras y receptores

Coste	Muy alto: al tener imanes permanentes el coste es mayor. Además, suelen ser de mejor construcción estructural	Bajo: simplicidad
Controladora	Necesaria: cara y compleja. Se requiere controladora	Simple y barato. No se requiere controladora

Fuente: (Castillo, 2018) (Chunchi & Espinoza, 2015)

Como se puede apreciar el motor BLDC posea grandes características en comparación del motor con escobillas, debido a su bajo mantenimiento, mayor vida útil, mejor eficiencia, menor ruido eléctrico, por lo que su valor es elevado, pero en la actualidad es la opción más utilizada para el desarrollo de vehículos eléctricos.

- Baterías

Las baterías son un dispositivo electroquímico que transforma la energía química en eléctrica. El proceso de transformación de las baterías es reversible, puede ser cargada y descargada repetidas veces, la batería es uno de los componentes principales del monopatín eléctrico, porque son las encargadas de dar energía a todo el sistema. (Valencia, 2018)

Existen diferentes tipos de baterías eléctricas que se pueden utilizar, tales como:

- Baterías de plomo
- Baterías de Níquel Cadmio
- Baterías de Níquel Metal Hidruro
- Baterías de Níquel Metal-Zinc
- Baterías Zebra
- Baterías de Ion-Litio
- Baterías Litio-Polímero

Dicha clasificación se detalla a continuación en la Tabla 1.5:

TABLA 1.5  
TIPOS DE BATERÍAS ELÉCTRICAS.

Tipo	Descripción
Baterías de plomo	Pila electroquímica, en donde existen dos bornes, uno positivo y otro negativo, que al conectarlos forman un circuito cerrado, que generan una corriente eléctrica. Existen de diferentes tipos como: Plomo-Ácido Plomo-Gel
Baterías de Níquel Cadmio.	Proporcionan almacenamiento de energía en diversos campos de aplicación, aunque se prohibió a causa de la

	nocividad del cadmio para el medio ambiente, su mayor virtud es su durabilidad
Baterías de Níquel Metal Hidruro.	Son conocidas como pilas recargables modernas, la durabilidad en ciclos de estas pilas oscila entre las 500 y 2000 cargas aproximadamente
Baterías de Níquel Metal-Zinc.	Proporciona un rendimiento similar al que ofrecen las de iones de litio, con la ventaja de que el componente resultante es más seguro y barato de producir
Baterías Zebra	Son ideales para vehículos, autobuses incluso camiones, debido a que operan voltajes altos (600V), estas baterías pueden almacenar grandes cantidades de energía. Operan a una temperatura aproximadamente de 300°C
<i>Baterías de Ion-Litio.</i>	Ofrece una densidad de energía tres veces mayor a la batería plomo-ácido, y cuenta con la mayor cantidad de voltaje por cada celda de 3.5V, lo que reduce su costo de manufactura.
Baterías Litio-Polímero.	Es una batería de litio con un polímero sólido como electrolítico, tiene una densidad de energía de 5 a 12 veces mayor al Ni-Cd y Ni-MH, su precio es uno de los más elevados. La desventaja de estas baterías es que son frágiles

Fuente: (Valencia, 2018) (Parión, 2019)

- Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es el encargado de permitir que la energía producida por el motor eléctrico sea transportada a sus ruedas. Según (Gamero, 2016) describe 3 principales tipos de transmisión aplicados a monopatines eléctricos:

- Transmisión por correa
- Transmisión por cadena
- Transmisión directa

Estos diferentes tipos de transmisión se detallan a continuación en la Tabla 1.6:

TABLA 1.6  
TIPOS DE TRANSMISIÓN

Tipo	Descripción
<b>Transmisión por correa</b>	Es recomendable para monopatines de baja potencia. Es económica y de bajo mantenimiento, además de ser muy duradera.
<b>Transmisión por cadena</b>	Es la transmisión más utilizada debido a su resistencia al par de motor, pero posee grandes inconvenientes ya que al paso del tiempo sufre desgastamiento de los eslabones de la cadena y abrasión entre los pernos de cada eslabón y sus bujes. A parte

	requiere mantenimiento y lubricación periódicamente.
<b>Transmisión directa</b>	Es el mejor sistema desde el punto de transmisión porque requiere bajo mantenimiento, Alta fiabilidad debido a bajo número de piezas y eliminación de engranajes y bajo ruido acústico o vibración autoprovocada

Fuente: (Gamero, 2016), (Mott R. , 2006)

- Sistema de frenos

El sistema de frenos de todo vehículo es el encargado de ir reduciendo de forma gradual su velocidad, debido a ello se genera calor ya que el sistema de frenado ejerce una fuerza de rozamiento suficiente para transformar gran parte de la energía cinética del monopatín en calor, hasta detenerlo o reducir a una velocidad deseada gracias al rozamiento producido entre una superficie fija y una móvil en dependencia de la exigencia del conductor, en donde (Daghero, 2019) dice que básicamente existen dos sistemas de frenos para los monopatines eléctricos:

- Frenos de tambor
- Frenos de disco

Los diferentes sistemas de frenos se describen a continuación en la Tabla 1.7:

TABLA 1.7  
SISTEMAS DE FRENOS DE LOS MONOPATINES ELÉCTRICOS

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Frenos de tambor</b>	La superficie fija son las zapatas de freno y la móvil el tambor que es un cilindro concéntrico que gira a la vez que las ruedas.
<b>Frenos de disco</b>	La parte móvil es el disco unido a la rueda que gira, así es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción conocidas como las pastillas.

Fuente: (Gamero, 2016)

La ventaja de los frenos de disco sobre los frenos de tambor es que los de disco ventilan mejor que un tambor gracias a su diseño, evacúan el calor de manera más eficiente y se impide que falle la frenada por recalentamiento, por lo cual es más seguro en vehículos potentes y en condiciones extremas.

- Ruedas o neumáticos

Las ruedas o neumáticos en todo vehículo tienen el mismo propósito, permitir el desplazamiento del vehículo de un lugar a otro. (Gamero, 2016) nos proporciona dos factores a tener en cuenta para elegir la mejor opción de neumáticos que se adapten al entorno.

Dos factores que si debemos mirar con más atención son el diámetro y el tipo de banda de rodadura, estos dos factores definen el tipo de uso que podemos dar al patinete eléctrico.

- **El diámetro:** Un diámetro grande superior o igual a 10", ofrece una mayor velocidad, aumenta la amortiguación mecánica, reducen las vibraciones y también permiten superar mayores obstáculos en el terreno. En contra parte nos restan aceleración y nos ofrecen un menor control y maniobrabilidad, mientras que las ruedas de diámetro pequeño por ejemplo 4", ofrecen una mayor aceleración, nos ofrecen un mayor control y maniobrabilidad, de la misma forma ofrecen una mayor estabilidad al tener el centro de gravedad más cerca del suelo.

- **La banda de rodadura:** de acuerdo con el diseño de esta banda se observan los diseños de ciudad y los diseños todo terreno. Los diseños de ciudad suelen ser más lisos ofreciendo una mayor superficie en contacto con el suelo dándonos un mejor agarre, mientras que los diseños todo terreno suelen estar compuestos por "tacos" que ofrecen una menor superficie en contacto, pero un mayor relieve que ofrece un mayor agarre en terrenos más rurales.

(Parión, 2019)

En el caso de las ruedas más grandes ofertan una amortiguación mejor y una conducción más eficiente ante obstáculos o cambios de terreno. El problema es que, cuanto más grandes sean las ruedas, menos aceleración y menor control tendrás sobre tu dispositivo.

Se aconseja revisar la presión de los neumáticos cada dos semanas aproximadamente, debe estar entre 2.5 y 3 bares. Con ello se disminuirá el riesgo de accidentes y se tendrá una frenada mucho más precisa.

- Amortiguadores

El sistema de amortiguación es uno de los componentes más importantes para un medio de transporte, en la gran mayoría de monopatines eléctricos utilizan un resorte helicoidal como lo refleja la Figura 1.5. Este es un sistema de amortiguación económico y fiable que generalmente se encuentra aplicado tanto en suspensión trasera como delantera reduciendo al mínimo la vibración y dando la máxima amortiguación posible. Para los motopatines eléctricos que en su diseño han aderido un sillín para mayor comodidad y confort también suele emplear suspensión en ella. (Chunchi & Espinoza, 2015)



Fig. 1.5: Amortiguador helicoidal

Fuente: (Vanilla, 2015)

- Cuadro o chasis

El cuadro o chasis del monopatín eléctrico es donde serán implementados los elementos descritos anteriormente, es el encargado de dar soporte a todos los componentes del vehículo, de tal forma que garantice la confiabilidad y confort al conductor en cada uno de sus viajes. La mayoría de los patinetes eléctricos cuentan con un cuadro totalmente plegable lo que hace que sean fáciles de transportar y almacenar. Los principales materiales que encontramos son el plástico en los modelos más económicos y de menor potencia y el aluminio y el acero inoxidable en los modelos de mayor potencia ya que ofrecen ligereza y durabilidad. (Núñez, 2016)

También existen aquellos patinetes para personas de movilidad reducida que incorporan otro tipo de elementos con el fin de que cumpla todas las funciones que pueda necesitar en el traslado una persona con movilidad reducida como por ejemplo el hecho de tener una cesta para cargar la compra.

- Frenos

En todo vehículo sea eléctrico o convencional, el sistema de frenos es de suma importancia, ya que se encuentra destinado a reducir momentáneamente la velocidad o parar el vehículo de forma definitiva. Dicho sistema ofrece seguridad a sus usuarios.

- Fuerza de frenado

Es aquella necesaria para detener al scooter cuando está en movimiento, y es provocada cuando se aplica al mismo tiempo tanto el freno delantero como el freno trasero. Se puede decir que la fuerza de frenado es igual a la sumatoria de las fuerzas de frenado máximo de la rueda delantera con la trasera

- Trabajo de frenado

Para frenar el vehículo supone que los neumáticos y frenos están en perfectas condiciones y que el pavimento está seco y presenta buena adherencia. Cualquiera de estos factores que no cumpla con estas condiciones hace que las distancias de frenado se alarguen (Daghero, 2019).

- Cantidad de trabajo de fricción

La frenada de un vehículo es la conversión de energía cinética en energía térmica o calorífica, la energía cinética depende de la masa y de la velocidad al cuadrado del vehículo, entonces para pasar de una elevada velocidad a un más baja debemos eliminar la diferencia de energía cinética que exista entre las dos velocidades y esto se logra con ayuda de los frenos y de la fuerza de resistencia aerodinámica (Daghero, 2019)

#### **1.4 Normativa, reglamentos o políticas sobre Scooter eléctrico**

Los scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas ya empiezan a recorrer las calles de las diferentes ciudades del país y formar parte del sistema vial de tránsito, tal es el caso que el Pleno de la Asamblea Nacional aprobó las reformas a la Ley de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial en abril del 2021. Respecto a la movilidad sostenible, las reformas contemplan incentivos para el uso de vehículos eléctricos. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) regularán la utilización de scooter u otro tipo de vehículos de movilidad eléctrica personal. Los GAD deberán capacitar al menos dos veces al año a sus agentes de control. Además, en el tema de tecnología, estos contarán con cámaras para registrar los procedimientos. (elcomercio, 2021)

La resolución N° ARCONEL 038/15 en el artículo 54 de la LOSPEE (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica), se menciona que ARCONEL, previo estudio podrá fijar tarifas que promuevan e incentiven el desarrollo de industrias básicas considerando para el efecto la utilización de energía renovables y amigable con el medio ambiente, a precios competitivos y estables o subsidiados de ser necesaria. Se debe aplicar un medidor con registro de demanda horaria, que permita identificar los consumos de energía y potencia en los periodos de máxima, media y baja, con el objetivo de incentivar el uso de la energía en las horas de menor demanda. (EPN, 2017)

Los vehículos eléctricos deberán tener un régimen de carga liviana o lenta en las condiciones de potencia y consumo de energía eléctrica, recomendadas para el nivel de baja tensión, esto es de hasta 10 Kw, no se implementará equipos de carga rápida ósea para equipos superiores a los 10 Kw. (EPN, 2017)

Los puntos de carga están regulados por varias normas internacionales dependiendo el país de fabricación o del mercado donde estos serán comercializados, entre las cuales (Córdova & Montero, 2017) indica algunas de ellas:

- IEC (Comisión Electrónica Internacional)
- ISO (International Organization for Standardization)
- SAE (Society of Automotive Engineers)
- ACEA (Asociación de Fabricantes Europeos)
- TEPCO (Tokyo Power Electric Company)

Otro punto para tomar en cuenta es la clasificación de los puntos de recarga, los cuales pueden ser públicos o privados.

### **1.5 Ejemplos vehículos eléctricos**

La evolución de los vehículos eléctricos ha sido rápida en los últimos años, han mejorado la tecnología de los motores eléctricos y controles de velocidad, hoy en día existen bastantes productoras, que han puesto el interés en fabricar este tipo de transportes como coches, motos y bicicletas eléctricas, así mismo de distribuir accesorios eléctricos como la empresa Golden Motor de China. Actualmente las motocicletas eléctricas más populares son: Harley-Davidson, BMW, Honda y KTM, que son algunas de las grandes compañías que se han enfocado a la revolución del transporte eléctrico. (Valencia, 2018)

(Valencia, 2018) nos describe algunos ejemplos de motos eléctricas de grandes compañías que han salido al mercado:

En el año 2014 Harley-Davidson lanza al mercado la Project Livewire, su motocicleta eléctrica más reciente, la potencia de su motor trifásico es aproximadamente 55[KW], lo que equivale a unos 75 caballos. La aceleración es de menos de cuatro segundos hasta los 100 [km/h] con una velocidad limitada de 150 [km/h]. Se estima que para el año 2021 su precio estará entre los 20.000 y 30.000 euros aproximadamente.

La BMW C Evolution, es la primera moto eléctrica de la marca Alemana BMW. Este scooter modelo BMW, tiene una potencia máxima de 48 [CV] y 72 [Nm] de par máximo, cuenta con una aceleración de 0 a 50 [km/h] en 2,7 segundos, suficiente para dejar atrás a motos del doble de cilindrada de combustión. Salió a la venta en mayo del 2014, y su precio de venta al mercado europeo es de €14.250 unos USD 17.120 aproximadamente.

El EV-Neo, es el primer ciclomotor eléctrico fabricado por Honda, la comercialización comenzó en Japón en abril de 2011. Tiene una velocidad máxima de 45 [km/h], cuenta con

una batería Ion-Litio, capacidad de 0.87 [Kw/h]. El precio base es aproximadamente 4.000 euros, unos 5.440 USD, para el mercado europeo.

Freeride E, es la primera moto marca KTM completamente eléctrica, con una potencia de 11 [Kw] nominales y 16 [Kw] pico. La Freeride E proporciona una velocidad máxima entre los 70 y 90[km/h], perfecta para circuitos, ya está disponible en el mercado europeo, su precio está alrededor de USD 12.629, en el mercado europeo.

En Ecuador no se utiliza aún motocicletas eléctricas, lo más cercano que existe, son monopatines eléctricos, dentro de esta categoría se destaca la empresa Eride. (Valencia, 2018) La movilidad eléctrica en los últimos años ha ido en aumento, tal es el caso que ya se cuenta con una gran gama de alternativas como motos, carros, buses y aviones para movilizarse.

## CAPÍTULO 2

El presente capítulo se presenta los resultados obtenidos de los cálculos y la simulación del scooter eléctrico para movilidad personal con el propósito de sustentar la elección óptima de los componentes utilizados para la elaboración mediante la investigación que se realizó, fundamentada por los cálculos y la simulación del sistema de transmisión en base teórica por medio de una metodología seleccionada que nos arrojan el resultado central de la investigación.

### 2.1 Descripción del lugar de estudio

El lugar de estudio para la implantación del prototipo se centró en San Miguel de Ibarra es una ciudad ubicada en la región andina al norte del Ecuador perteneciente a la provincia de Imbabura y con una población aproximada de 181.175 habitantes. Dicha ciudad es el epicentro de desarrollo económico, educativo y científico de la zona, es el principal núcleo vial del norte del país, pues sus conexiones limitan con los 4 principales ejes del país, los cuales son Quito, la costa pacífica, la frontera con Colombia y la región Oriental-Amazónica, por lo que se convierte en el centro más importante administrativo, económico, financiero y comercial del norte del país. Sus principales actividades son el comercio, turismo, servicios educativos, agroindustria, sector inmobiliario y el servicio de manufacturas. Ibarra está ubicada a una altura promedio de 2220 m.s.n.m con una latitud de 00° 21' N y una longitud 078° 07' O. (Hidrobo, 2017)

### 2.2 Metodología para el diseño de vehículo eléctrico para movilidad personal

El presente capítulo muestra el diseño de un vehículo eléctrico para movilidad personal, para ello se empleó una metodología con el objetivo de demostrar y explicar la estructura del prototipo. El primero es el método analítico, el cual se encarga en descomponer en partes el scooter eléctrico para estudiar sus diferentes componentes. El segundo el inductivo encargado de proporcionar los resultados basándose en los diferentes cálculos realizados que aseguren la óptima elección de sus componentes y por último el método deductivo utilizado para dar las conclusiones en función de todo el proceso realizado. En resumen, la metodología utilizada adopto el siguiente proceso:

- Establecer el fundamento teórico necesario, para la implementación de un scooter eléctrico.
- Diseño del scooter eléctrico y selección de los componentes.
- Ensamblar un scooter eléctrico con partes y piezas existentes en el mercado local.

- Realizar las pruebas de funcionamiento del scooter eléctrico.

Como resultado de la presente metodología se presenta el resultado de los materiales seleccionados:

Para facilitar el trabajo de selección de los componentes se utilizó una tabla de puntuación entre 0 a 1 que aseguren la óptima selección de tecnología para los diferentes componentes eléctricos. La puntuación será distribuida como lo describe la Tabla 2.1:

TABLA 2.1  
TABLA DE PUNTUACIÓN

<b>Valor numérico</b>	<b>Significado</b>
0	Bajo o nulo
0.5	Medio o regular
1	Alto o excelente

Fuente: Autor

- Selección del modelo

A continuación, se puede apreciar en la Tabla 2.2 una tabla de puntuación para justificar la realización de un monopatín eléctrico siendo más específicos sobre la elección entre los diferentes modelos de scooter eléctrico para movilidad personal que permita obtener el modelo más acorde hacia el mercado local y así justificar el desarrollo posterior.

TABLA 2.2  
SELECCIÓN DEL MODELO

<b>Característica</b>	<b>Vespa o motoneta</b>	<b>Ciclomotor o bicicleta</b>	<b>Monopatín</b>
Modelo referencial			
Disponibilidad de repuestos	0	0.5	1
Facilidad de ensamblaje	0	0.5	1
Precio	0.5	1	1
<b>Total</b>	<b>0.5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Fuente: Autor

- Selección de batería

Para la selección del tipo de batería, se realiza la Tabla 2.3, donde se exponen y comparan, las principales características de cada tipo de acumulador, en base a los requerimientos más importantes que el scooter eléctrico necesita donde se refleja que la mejor opción son las baterías de Ion-Lito debido a que presta mejores características en comparación a las otras baterías existentes en el mercado nacional.

TABLA 2.3  
SELECCIÓN DE LA BATERÍA

Característica	Plomo-ácida selladas	Níquel-Cadmio	Ion-Litio
Modelo referencial			
Peso	0.5	1	1
Mantenimiento	1	1	1
Ciclo de carga y descarga	0.5	1	1
Costo	1	0	0.5
Reciclaje	0.5	0	1
Total	3.5	3	4.5

Fuente: Autor

- Selección del tipo de frenos

Para la selección del sistema de frenos, se realizó la Tabla 2.4, donde se hace una comparación entre los más utilizados:

TABLA 2.4  
SELECCIÓN DEL TIPO DE FRENOS

Característica	De disco	De tambor
Modelo		
Facilidad de ensamblaje	1	0
Facilidad de mantenimiento	1	0.5
Facilidad de anclaje en el aro de la rueda	1	0.5
Disponibilidad de repuestos	1	0
Disipación de calor	1	0.5
Eficiencia de frenado	1	0.5
Seguridad del conductor	1	0.5
Total	7	2.5

Fuente: Autor

Como podemos observar los frenos de discos ofrecen mejores prestaciones que los de tambor, debido a que posee un mejor sistema de disipación de calor y eficiencia de frenado. Por dichas características se concluye que los frenos de discos son los más acordes para la aplicación del prototipo de vehículo eléctrico.

- Descripción del programa

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (Computer-Aided Design) para dibujos en 2D Y 3D de reconocido nombre internacional. Apareció en la década de los 80 en Estados Unidos, apoyado por empresas del sector industrial junto con Autodesk, como empresa fundadora y comercializadora. El objetivo final del programa es permitir la creación

de diseños más reales. En la actualidad se utiliza en un amplio campo ingenieril, arquitectura y en general por técnicos y diseñadores. (Martín, Costafreda, Marín, & León, 2017)

- Ecuaciones matemáticas

Para garantizar la mejor elección de los componentes que requiere el VE, se consideraron los siguientes pasos como lo detalla (Valencia, 2018)

- Identificar las características de los equipos, para su implementación.
- Determinar qué tipo de componentes se va a utilizar.
- Seleccionar el dispositivo.

Para realizar el diseño de componentes a utilizar en el presente trabajo se deben realizar una serie de cálculos matemáticos que nos garanticen la óptima selección de los equipos, para ellos vamos a utilizar la siguiente estructura:

- Diseño Mecánico

A continuación, se puede observar la Tabla 2.5 que corresponde a las ecuaciones mecánicas que se encuentran inmersas en el desarrollo del trabajo. La aplicación de estas ecuaciones permitió tener un panorama claro sobre las diferentes fuerzas a las cuales se vio sometido el chasis y teniendo claro que los componentes eléctricos también seleccionados fueron soportados y permitieron una máxima eficiencia al momento de su funcionamiento.

TABLA 2.5  
ECUACIONES MECÁNICAS

Nombre	Número de ecuación	Ecuación	Descripción de sus términos	Fuente
Peso total del vehículo	(1)	$P = m * g$	P = peso total vehicular m = masa total del scooter y el piloto g = aceleración de la gravedad	(Godlewski & Pawlak, 2018)
Fuerza de empuje	(2)	$F_E = Crr * N$	$F_E$ = Fuerza para mover el scooter del reposo sin aplicar frenos Crr = Coeficiente a la rodadura (Llanta sobre asfalto es igual a 0.003) (Parión, 2019) N = Fuerza normal, es igual al peso bruto P.	(Bastidas & Cabrera, 2014)
		$R_D = \frac{P}{L} (l_2)$	$R_D$ = Fuerza de reacción sobre	(Boylestad & Louis, 2009)

Fuerza de reacción sobre la rueda frontal	(3)		la rueda frontal cuando el vehículo está en reposo. P = Peso total del vehículo L= Distancia entre ejes $l_2$ = Distancia entre el punto de contacto de la rueda trasera y el centro de gravedad	
Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el scooter está en reposo	(4)	$R_T = \frac{P}{L} (l_1)$	$R_T$ = Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el vehículo está en reposo. P = Peso total del vehículo L= Distancia entre ejes $l_2$ = Distancia entre el punto de contacto de la rueda frontal y el centro de gravedad	(Boylestad & Louis, 2009)
Fuerza de frenado	(5)	$F_F = P * \mu$	$F_F$ = Fuerza de frenado P = Peso total vehicular $\mu$ = Coeficiente de fricción. Para scooter en carretera ordinaria es de 0.7. (Parión, 2019)	(Godlewski & Pawlak, 2018)
Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera	(6)	$F_D = \frac{F_F}{L} (l_1 + \mu * h)$	$F_D$ = Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera $F_F$ = Fuerza de frenado L = Distancia entre ejes $l_1$ = Distancia horizontal entre el punto de contacto de la rueda delantera con el suelo y el centro de gravedad. $\mu$ = Coeficiente de fricción h = Altura entre el centro de gravedad y el suelo.	(Boylestad & Louis, 2009)

Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera.	(7)	$F_T = \frac{F_F}{L} (l_2 + \mu * h)$	<p><math>F_T</math> = Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera  <math>F_F</math> = Fuerza de frenado  <math>L</math> = Distancia entre ejes  <math>l_2</math> = Distancia horizontal entre el punto de contacto de la rueda trasera con el suelo y el centro de gravedad.  <math>\mu</math> = Coeficiente de fricción  <math>h</math> = Altura entre el centro de gravedad y el suelo.</p>	
Fuerzas durante el giro	(8)	$F_c = \frac{m * v^2}{R}$	<p><math>F_c</math> = Fuerza centrífuga  <math>m</math> = masa total del scooter  <math>v</math> = Velocidad máxima (<math>\frac{40km}{h} = 11.11 \frac{m}{s}</math>)  <math>R</math> = Radio mínimo de giro antes del deslizamiento y la velocidad máxima para una vía en área urbana a una velocidad de 50 km/h el radio mínimo es 100 m. (Parión, 2019)</p>	(Godlewski & Pawlak, 2018)
Carga total de los elementos a soportar	(9)	$P_B = m * g$	<p><math>P_B</math> = Carga total de los elementos a soportar  <math>m</math> = Masa total  <math>g</math> = Aceleración de la gravedad</p>	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Vallejo & Zambrano, 2007), (Tejerizo, 2015)
Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural	(10)	$w_B = \frac{P_B}{L}$	<p><math>w_B</math> = Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural.  <math>P_B</math> = Carga total de los elementos a soportar  <math>L</math> = Longitud del elemento estructural</p>	(Salazar, 2007)

Primera reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida	(11)	$R_A = \frac{P_B}{2}$	$R_A$ = Primera reacción, para una viga bien potrada con una carga uniformemente distribuida. $P_B$ = Carga total de los elementos a soportar	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018)
Segunda reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	(12)	$R_C = \frac{P_B}{2}$	$R_C$ = Segunda reacción, para una viga bien potrada con una carga uniformemente distribuida. $P_B$ = Carga total de los elementos a soportar	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)
Momento flector, generado en el primer extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	(13)	$M_A = -\frac{P_B * L}{12}$	$M_A$ = Momento flector generado en el primer extremo, para una viga bien potrada uniformemente. $P_B$ = Carga total de los elementos a soportar $L$ = Longitud de la viga	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)
Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	(14)	$M_B = \frac{P_B * L}{24}$	$M_B$ = Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada uniformemente. $P_B$ = Carga total de los elementos a soportar $L$ = Longitud de la viga	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)
Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	(15)	$M_C = -\frac{P_B * L}{12}$	$M_C$ = Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada uniformemente. $P_B$ = Carga total de los elementos a soportar $L$ = Longitud de la viga	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)

Segundo momento del área para sección circular	(16)	$I = \frac{\pi * (D)^4}{64}$	$I$ = Segundo momento del área para una sección circular. $D$ = Diámetro de la sección circular, para este caso es igual a 0.008 m (diámetro de la barra seleccionada).	(Parión, 2019)
Esfuerzo flexionante máximo.	(17)	$\sigma_{max} = \frac{M * C}{I}$	$\sigma_{max}$ = Esfuerzo flexionante máximo. $M$ = Momento flexionante aplicado en la sección. $C$ = Distancia del plano neutro a la fibra externa, para este caso será igual al radio de la sección circular igual 0.004 m (radio de la barra seleccionada). $I$ = Segundo momento del área (momento de inercia del área) de la sección transversal de la viga con respecto al plano neutro.	(Parión, 2019)
Factor de seguridad	(18)	$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$	$n$ = Factor de seguridad $S_y$ = Resistencia a la fluencia del material $\sigma_{max}$ = Esfuerzo flexionante máximo	(Mott, Vavrek, & Wang, 2018) (Norton, 2011) (Budynas & Nisbett, 2015) (Aulestia, 2017) (Tambaco, 2017)

- Selección de componentes para el sistema eléctrico del scooter

Para la selección del motor es necesario conocer el torque, potencia y velocidad, parámetros que permitirán que el scooter funcione con las condiciones previamente establecidos y para ello se utilizaron las ecuaciones que se pueden observar en la Tabla 2.6:

TABLA 2.6  
ECUACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Nombre	Número de ecuación	Ecuación	Descripción de sus términos	Fuente
Torque	(19)	$T_n = r * F_E$	Tn = Torque llanta posterior necesaria r = Radio del neumático F <sub>E</sub> = Fuerza de empuje	(Bastidas & Cabrera, 2014)
Potencia	(20)	$P_v = F_E * V_{max}$	P <sub>v</sub> = Potencia requerida por el motor F <sub>E</sub> = Fuerza de empuje V <sub>max</sub> = Velocidad máxima	(Bastidas & Cabrera, 2014)
Velocidad angular	(21)	$\omega = \frac{V_{max}}{R}$	ω = Velocidad angular V <sub>max</sub> = Velocidad máxima. R = radio del neumático.	(Bastidas & Cabrera, 2014)

### 2.3 Parámetros básicos de diseño y simulación

- Establecer el fundamento teórico necesario, para la selección de los componentes eléctricos.

En primer lugar, se deben establecer los parámetros bases del scooter eléctrico que permitieron la realización de los cálculos pertinentes. En la Tabla 2.7 se puede observar un detalle de pesos referenciales tomados de la información bibliográfica revisada para la realización de la temática, así obteniendo un peso promedio que permitirá la selección de la potencia del motor utilizado, donde dichos cálculos los podemos analizar en el Anexo B.

TABLA 2.7  
DETALLE DE PESOS A TRANSPORTAR

Descripción	Masa
Chasis	50 kg
Motor eléctrico	17 kg
Controlador y accesorios	6 kg
Batería	30 kg
Persona promedio	85 kg
Peso extra	11 kg
<b>Total</b>	<b>199 kg</b>

Fuente: Autor

En resumen, obtenemos la Tabla 2.8 y 2.9 que nos ofrecen un resumen de los valores obtenidos para la dimensión del diseño mecánico del monopatín eléctrico, dichos valores son obtenidos de una serie de cálculos basados en las fórmulas que se encuentra en el Anexo B:

TABLA 2.8  
RESUMEN DE LAS FUERZAS ACTUANTES

<b>Detalle de fuerza</b>	<b>Valor</b>
Peso total del scooter	1952.19 N
Fuerza de empuje	58.56 N
Fuerza de reacción sobre la rueda delantera cuando el scooter está en reposo	878.49 N
Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el scooter está en reposo	1073.71 N
Fuerza de frenado	1366.4 N
Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera	1070.35 N
Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera	296.05 N
Fuerza centrífuga	245.63

Fuente: Autor

TABLA 2.9  
RESUMEN CÁLCULOS DEL DISEÑO MECÁNICO

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Carga total de los elementos a colocar sobre el soporte de las baterías	353.16 N
Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural.	$784.8 \frac{N}{m}$
Primera reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	176.58 N
Segunda reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	176.58 N
Momento flector, generado en el primer extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	-13.24 Nm
Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	6.62 Nm
Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.	-13.24 Nm
Esfuerzo flexionante máximo.	263.4 MPa
Factor de seguridad	1.59

Fuente: Autor

### 2.3.1 Cálculos del sistema eléctrico

- Cálculo del torque necesario

Para el cálculo del torque necesario, se utilizó la ecuación 19:

Para un scooter eléctrico (Parión, 2019) recomienda un neumático con un diámetro de 15 in, es decir,  $r=0.19m$

$$Tn = 0.19 m * 58.56 N$$

$$Tn = 11.13 Nm$$

- Cálculo de la potencia requerida

Para el cálculo de la potencia requerida, se utilizó la ecuación 20, como es de conocimiento general la velocidad permitida en el perímetro urbano para vehículos livianos es de 50 km/h (13,89 m/s) como lo estipula REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE

TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL (Art. 142.g (Art. 145.e de la Ley) de la Ley)

$$Pv = 58.56 N * 13.89 \frac{m}{s}$$

$$Pv = 813.39 W$$

- Cálculo de la velocidad angular

Para el cálculo de la potencia requerida, se utilizó la ecuación 21:

$$\omega = \frac{13.89 m/s}{0.19 m}$$

$$\omega = 73.11 \frac{rad}{s}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{\omega * (60)}{2\pi}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{73.11 * (60)}{2\pi}$$

$$\omega_{rpm} = 698.15 RPM$$

- Parámetros mínimos de funcionamiento del motor

La Tabla 2.10 muestra un resumen los parámetros mínimos de funcionamiento calculados mediante los pesos referenciales que se muestra en la Tabla 2.7 que permitieron que el scooter eléctrico pueda moverse de una forma mínima.

TABLA 2.10  
TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS MÍNIMOS DE FUNCIONAMIENTO

Parámetro	Valor
Potencia	813.39 W
Velocidad Angular	698.15 RPM
Torque	11.13 Nm

Fuente: Autor

Para fines de simulación que permitan la correcta elección de la potencia del motor eléctrico que pueda trabajar de forma óptima con los parámetros antes seleccionado se selecciona la rueda de aro forjado que se muestra en la Figura 2.1.

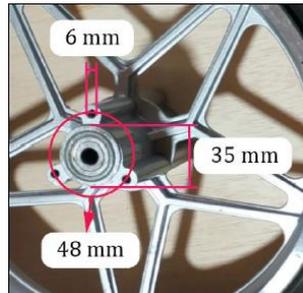


Fig. 2.1: Medida de los puntos de anclaje, para el sistema de transmisión de movimiento para la rueda trasera

Fuente: (Parión, 2019)

Con las dimensiones establecidas, se recurre al catálogo del distribuidor de piñones que se encuentra en el Anexo B y con la ayuda del Software Relatran en su versión 3.5, se realiza simulaciones con cada uno, obteniendo como resultado que el piñón que más satisface los requerimientos el modelo T8f 64T, por tanto, se decide seleccionarlo y se procede a simularlo donde arroja los siguientes resultados que se aprecian en la Figura 2.2.

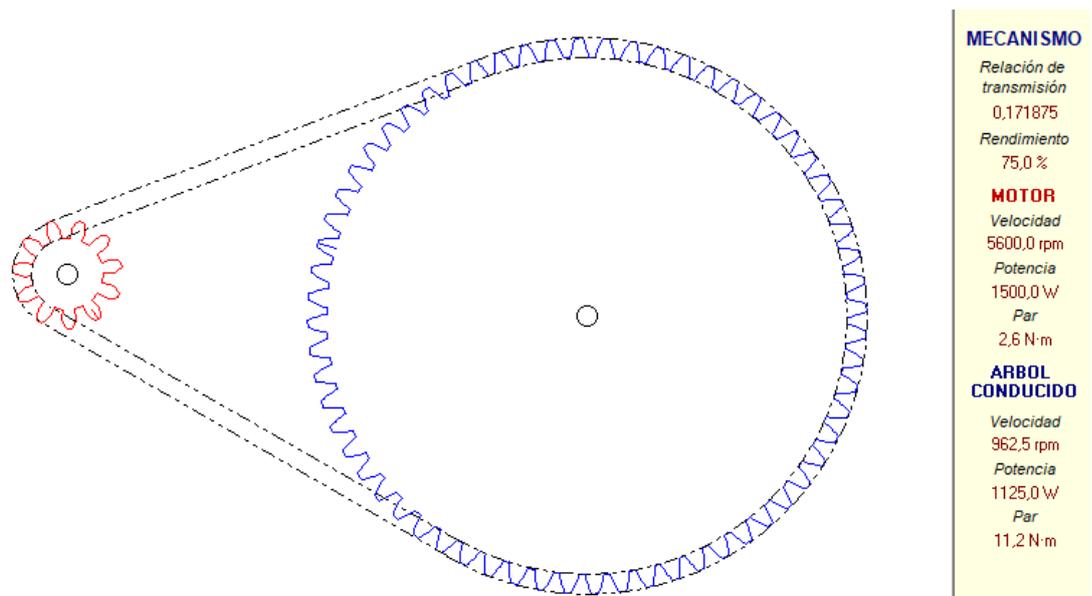


Fig. 2.2 Simulación para el piñón T8F 64T

Fuente: Elaboración propia

En resumen, una vez que se conecte el sistema de transmisión de movimiento al motor, el piñón seleccionado entregará los parámetros mostrados Figura 2.2. Debido a los resultados obtenidos se puede apreciar que el motor debe tener unas especificaciones mínimas de 1500 W y 5600 RPM. La referencia es en base a un sistema de transmisión de movimiento, donde se puede observar que para que el motor pueda funcionar bajo los parámetros preestablecidos debe poseer una velocidad angular máxima de 5600 RPM ya que al sobrepasar dicho valor el torque se verá drásticamente reducido y no cumpliría con el parámetro de diseño calculado el cual se refleja en la tabla 2.10 donde el torque calculado en la simulación debe ser mayor o igual al mostrado para aseverar que el diseño es aceptable, por otra parte se optó por un motor de 1500 W debido a que la simulación refleja un resultado de 1125 W y las características del mercado en donde las potencias más populares en el rango calculado son de 1000 W y 1500 W, como su precio no variaba exageradamente se seleccionó el motor de 1500 W.

## **2.4 Sistema de transmisión con cadena vs sistema de transmisión directa**

Diseñadores e ingenieros son responsables, legalmente, si una persona se lesiona a causa de un error de diseño. El encargado debe considerar cualquier uso previsible del dispositivo, y garantizar la seguridad de quienes lo operen o puedan acercarse a él.

Además, es prioridad alcanzar un alto desempeño general. Ciertos conceptos de diseño pueden tener propiedades deseables que otros no posean. Los demás criterios deben reflejar las necesidades especiales de un determinado proyecto.

Los sistemas de transmisión por cadena se emplean para transmitir movimiento entre dos ejes paralelos que se encuentran alejados entre sí, aunque las diferentes configuraciones de los elementos que la componen pueden hacer variar la función final del sistema, mientras que el sistema de transmisión directa impulsa directamente una carga o un rotor sin elementos de transmisión como engranajes, poleas o cadenas.

### **2.4.1 Ventajas y desventajas de los sistemas de transmisión con cadena y sistema de transmisión directa**

A continuación, en la Tabla 2.11 se puede analizar un cuadro comparativo de ventajas y desventajas entre ambos sistemas de transmisión:

TABLA 2.11  
TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

<b>Tabla comparativa entre sistemas de Transmisión</b>			
<b>Sistema de transmisión con cadena</b>		<b>Sistema de transmisión directa</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Bajo deslizamiento	Posee ruidos y vibraciones	Excelente rendimiento dinámico y un control preciso de la posición y/o velocidad	Mantenimientos más complicados
Relación de transmisión constante	Lubricación y mantenimiento frecuentes.	Alta fiabilidad debido a bajo número de piezas y eliminación de engranajes, poleas, sellos, cojinetes, etc.	Cambio de piezas más complejo
Pueden transmitir grandes cargas a largas y cortas distancias.	Fatiga de las placas de eslabón, debido a la aplicación repetida de la tensión	Alto par a bajas velocidades	
Las transmisiones por cadena se pueden reparar o reemplazar sin perturbar el equipo asociado.	Impacto de los rodillos al engranar en los dientes de las catarinas	Eficiencia energética consecuencia de la eliminación de pérdidas en elementos mecánicos intermedios	
Es posible transmitir movimiento a varios ejes usando solo una cadena	Abrasión entre los pernos de cada eslabón y sus bujes.	Bajo ruido acústico o vibración autoprovocada	
		Baja necesidad de mantenimiento en comparación al sistema de transmisión con cadena	
		Buena resistencia a impactos y a entornos sucios	

Fuente: Autor

### 2.4.2 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación deben ser preparados para asegurar que se incluyan los intereses de todas las partes implicadas. El criterio principal debe ser siempre la seguridad. Diseñadores e ingenieros son responsables, legalmente, si una persona se lesiona a causa de un error de diseño. El diseñador debe considerar cualquier uso previsible del dispositivo, y garantizar la seguridad de quienes lo operen o puedan acercarse a él. (Mott R. , 2006)

Además, es prioridad alcanzar un alto desempeño general. Ciertos conceptos de diseño pueden tener propiedades deseables que otros no tengan. Los demás criterios deben reflejar

las necesidades especiales de un determinado proyecto. A continuación, la Tabla 2.12 nos muestra una matriz que nos asegura la elección óptima del sistema de transmisión en base a algunos criterios de evaluación de (Mott R. , 2006) para elegir la mejor opción que permita al conductor estar de forma segura y confiable en su medio de transporte.

TABLA 2.12  
MATRIZ DE PONDERACIÓN SISTEMA DE TRANSMISIÓN

<b>Matriz de criterios de evaluación</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Sistema de transmisión con cadena</b>	<b>Sistema de transmisión directa</b>
Seguridad	0.5	1
Desempeño	1	1
Facilidad de ensamblaje	0.5	1
Facilidad de reemplazo de componentes	1	0.5
Facilidad de operación	1	1
Bajo costo inicial	0.5	1
Bajos costos de operación y mantenimiento	0.5	1
Pequeño tamaño y peso ligero.	0.5	1
Silencioso y con poca vibración	0.5	1
Usar materiales y componentes de fácil compra	1	1
Componentes disponibles en el mercado	1	1
Apariencia atractiva	0.5	1
<b>Total</b>	<b>8.5</b>	<b>11.5</b>

Fuente: Autor

Como podemos observar en la Tabla 2.12 el sistema de transmisión directa es mejor al sistema de transmisión con cadena, ya que el principal inconveniente es el ruido generado por el rozamiento entre la cadena y los piñones, ambos de material metálico. Además, no podemos olvidar que, aunque su mantenimiento y control es mínimo, este debe seguir realizándose para comprobar que no haya pérdida de tensión, mientras que el sistema de transmisión directa al reducir el número de componentes es un sistema menos ruidoso, más accesible al bolsillo del cliente y demanda menos costos de mantenimiento.

Actualmente, se cree que los motores de transmisión directa son más caros que los motores tradicionales, pero una visión más general teniendo en cuenta la eliminación de engranajes intermedios, acoplamientos, mantenimiento, así como la simplificación mecánica general nos muestra que las soluciones de transmisión directa son, quizás sorprendentemente, la solución óptima en cuanto a costes y a rendimiento como lo observamos en la Figura 2.3.

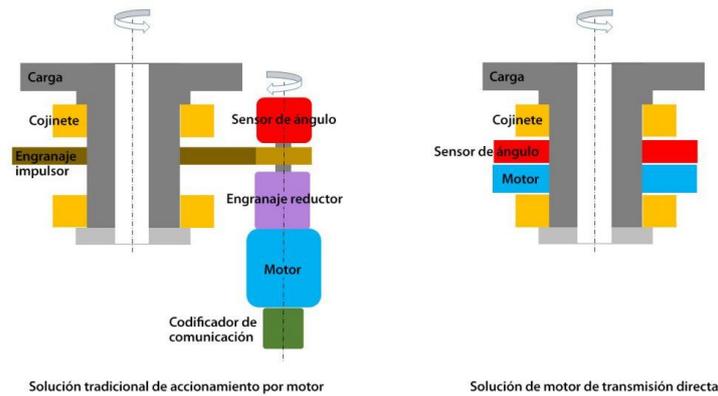


Fig. 2.3: Diferencia accionamiento tradicional del motor vs motor de transmisión directa.

Fuente: (Celera , 2017)

Una de las mayores ventajas de utilizar transmisión directa es la mayor precisión de posición, velocidad y dinámica. Sin tener que manejar acoplamientos, cajas de cambios, correas o cadenas, un motor de transmisión directa se fija directamente a la carga de modo que no existe la histéresis, retorno o pérdida de movimiento en ninguna dirección de movimiento.

En un sistema de transmisión por cadena a menudo la tensión sobre los componentes envejecidos causa fallos y las piezas en movimiento hacen que se malgaste la energía. Con el sistema de transmisión directa, el motor está directamente atornillado al neumático, lo cual trae consigo una estructura más simple y robusta, lo que se traduce en mejor rendimiento y mayor productividad.

El principal objetivo del proyecto es la fiabilidad, la facilidad de funcionamiento, la rentabilidad y la potencia, por ende, el sistema de transmisión directa es el adecuado ya que ofrece velocidades más altas y mejor par de torsión a bajas velocidades con un mejor control que permite al motor alcanzar su pleno rendimiento.

## 2.5 Selección del tipo de motor

Una vez establecidos los parámetros mínimos de funcionamiento, se procedió a seleccionar el tipo del motor, para lo cual se realiza la Tabla 2.13, y se comparan los distintos tipos de motores más utilizados en la implementación de scooter eléctricos debido a que las características que dichos motores poseen suplen las necesidades de diseño. Dichos motores existen en el mercado local.

TABLA 2.13  
SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR ELÉCTRICO

Características	Con escobillas	Brushless	Hub motor
Modelo referencial			
Mantenimiento	0.5	1	1
Durabilidad	0.5	1	1
Eficiencia	0.5	0.5	1
Disponibilidad de repuestos	1	1	1
Potencia	0.5	1	1
No requiere sistema de transmisión de movimiento	0.5	0.5	1
Incluye driver y accesorios	1	1	1
Precio	0.5	1	1
Total	5	7	8

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Tabla 2.13, los motores Brushless son la mejor opción debido a que disipan mejor el calor, reducen el ruido, son más ligeros y necesitan un mínimo mantenimiento. Por esas características se optó por la adquisición de un motor Hub Brushless motor que contiene las mismas características, pero no necesita un sistema de transmisión de movimiento para la implementación.

## 2.6 Controlador

La ventaja de haber seleccionado el motor tipo Brushless Hub Motor, es que, al adquirirlo, viene con su respectivo driver o controlador y a la vez éste viene con sus respectivos accesorios. Su modelo referencial se puede observar en la Figura 2.4 y las características técnicas en la Tabla 2.14.



Fig. 2.4: Controlador de 1500 W a 60 V

Fuente: Elaboración propia

TABLA 2.14  
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTROLADOR

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Modelo	1202010
Potencia	1500 W
Voltaje	60 V
Protección bajo voltaje	47 V
Regulación de torque	Si, dos velocidades
Freno	Si
Accesorios (acelerador, maniguetas para frenos, luces delanteras y traseras)	Si

Fuente: Autor

## **2.7 Diseño prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal**

### **2.7.1 Parte mecánica**

El diseño es un proceso para realizar y crear ideas para satisfacer las necesidades y resolver problemas, a través de ellas comunicarlas de una forma simple. Con esto el diseñador visualiza un proceso de entendimiento claro y desempeño de lo que se quiere diseñar. Los diferentes perceptivas del diseño se pueden combinar para dar un mejor resultado y eficaz así solo se necesita un enfoque adecuado del diseñador para poder ejecutar la idea de las necesidades del cliente ya sea un diseño estético, funcionalidad, abstracto, diseño en la ingeniería.

Todo este proceso de diseño puede ser esquematizado u ordenado haciendo así más fácil la capacidad de generar soluciones. El proceso de un diseño se puede estructurar de la siguiente forma:

1. Identificación de un problema
2. Ideas
3. Análisis de soluciones
4. Modelos y prototipos
5. Dibujos funcionales o de producción

(Aguilar, 2020)

A continuación, en las Figuras 2.5 y 2.6 se muestra el modelo lo que permite su estudio. Para ello se creó el modelo en AutoCAD lo cual facilita el análisis del producto antes de su fabricación. Cumpliendo con los fundamentos no solo en modelo si no teórico y experimental.

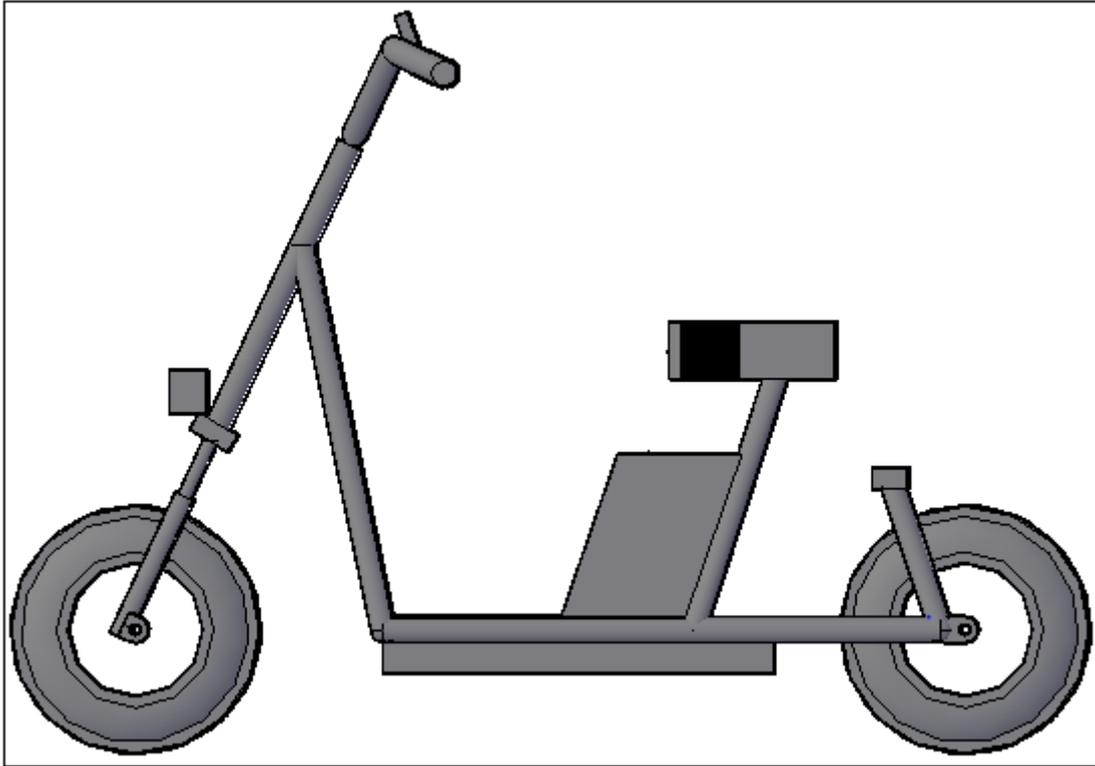


Fig. 2.5: Vista frontal del scooter eléctrico

Fuente: Autor

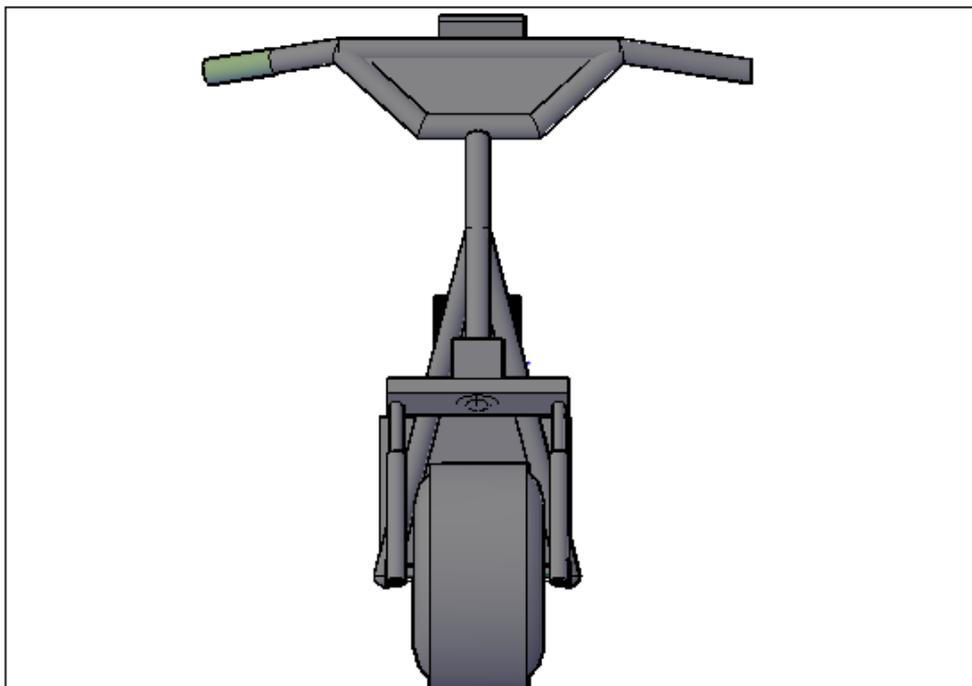


Fig. 2.6: Vista de frente del scooter eléctrico

Fuente: Autor

En la Figura 2.7, podemos observar la geometría del scooter eléctrico propuesto:

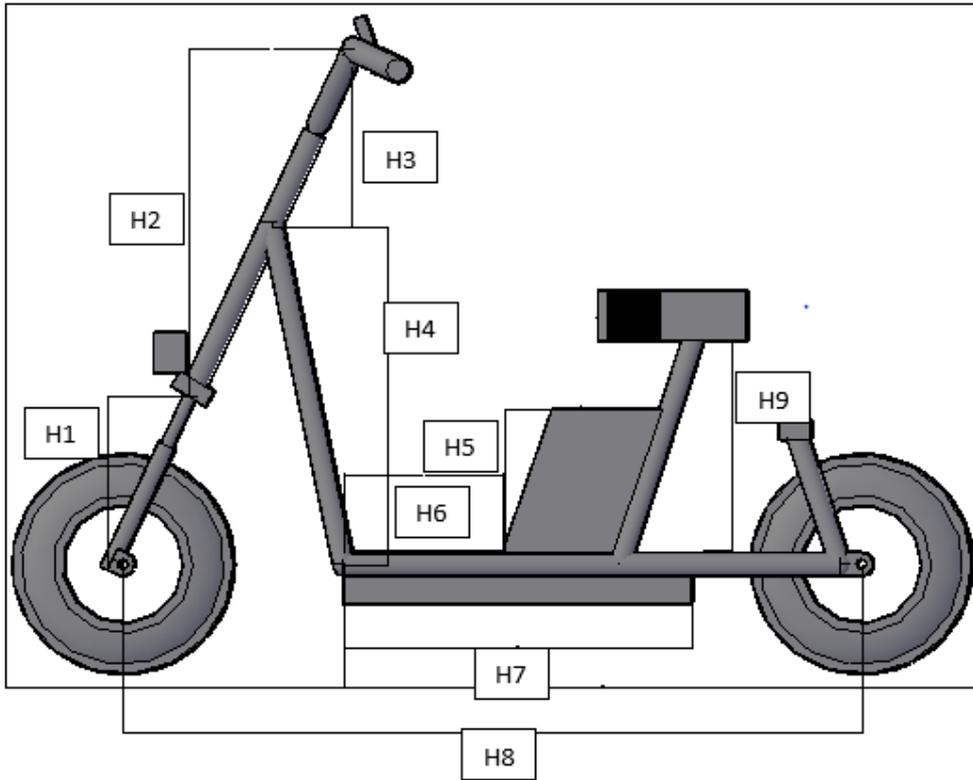


Fig. 2.7: Dimensiones del Scooter eléctrico

Fuente: Autor

A continuación, en la Tabla 2.15 se detalla las diferentes medidas del scooter eléctrico:

TABLA 2.15  
DIMENSIONES DEL SCOOTER ELÉCTRICO

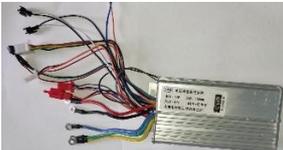
Nomenclatura	Medida
H1	0.37 m
H2	0.67 m
H3	0.5 m
H4	0.35 m
H5	0.4 m
H6	0.55 m
H7	0.63 m
H8	1.3 m
H9	0.55 m

Fuente: Autor

### 2.7.2 Parte eléctrica

A continuación, en la Tabla 2.16 se muestra un resumen de los componentes seleccionados para el diseño del scooter eléctrico en base a los cálculos, criterios de selección y simulaciones hechos anteriormente:

TABLA 2.16  
RESUMEN DE COMPONENTES SELECCIONADOS

Componente	Imagen	Característica
Motor Brushless Hub motor		Código: ZO60V1500W20035869 Potencia: 1500 W Voltaje: 60 V Velocidad nominal: 475 RPM
Batería Ion-Litio		Modelo: 6012 Voltaje: 60 V Capacidad nominal: 12 Ah Voltaje de operación: 48-67.2 V
Controlador		Modelo: 1202010 Voltaje: 60V Potencia: 1500 W Protección bajo voltaje: 47 V
Frenos de disco		
Llantas		Marca: STD.RIM Codificación: 225/55-8 (18X9.50-8) Dimensiones: Alto 401 mm Ancho: 200 mm Largo 201.5 mm

Fuente: Autor

Como resumen tenemos:

- **Motor DC:** Deberá tener la capacidad de movilizar al scooter y todas sus cargas.
- **Controlador para motor:** Se puede deducir que es el cerebro del scooter ya que es quien comanda las señales para los diferentes componentes que le accionan o entran en estado de reposo.
- **Almacenador de energía:** El almacenamiento de energía se realizará a través de la batería y su selección dependerá de los requerimientos eléctricos de vehículo.
- **Accesorios.**
  - **Espejos retrovisores:** uno para cada lado del manillar.
  - **Sillín:** uno, en el cual el piloto se sienta cómodo al momento de conducir.

Cada uno de los componentes descritos anteriormente fueron analizados y adquiridos en tiendas en la ciudad de Quito, en donde se realizó un examen económico presencial para analizar el o los lugares donde se pueden encontrar los diferentes componentes a precios accesibles al bolsillo, una de las ventajas es que debido al crecimiento exponencial de estos medios de transportes los diferentes componentes utilizados son de fácil adquisición a precios accesibles al cliente y las compras se pueden realizar de manera online y mediante las empresas de envíos puedes llegar a la comodidad de tu hogar por un módica cantidad monetaria.

## Capítulo 3

En el presente capítulo, se puede apreciar la información pertinente sobre la construcción del prototipo de vehículo eléctrico, en donde se tomó en cuenta para el desarrollo las diferentes actividades que permitieron la realización de las pruebas de funcionamiento que dieron como resultado la comprobación del funcionamiento del sistema.

### 3.1 Metodología

Para el desarrollo del tema propuesto se utilizó bases bibliográficas ya que se recopiló, clasificó y estudió la información de diversas fuentes, tales como: internet, libros y tesis para el análisis del scooter eléctrico.

De igual manera, se realizó una investigación experimental, realizando pruebas en diversos lugares o sectores de la ciudad de Ibarra, tales como: el anillo vial, el parque ciudad blanca, el campus universitario y las diferentes calles que componen la ciudad; los mismos que han sido elegidos por tener diferentes características en sus vías como desniveles, tráfico, entre otros. En cada una de las pruebas realizadas en los sectores y lugares propuestos se analizó la autonomía, velocidades máximas y el tiempo de carga de la batería. En resumen, la metodología utilizada adoptó el siguiente proceso:

- Recolectar la información teórica, de los sistemas que constituyen un scooter eléctrico.
- Establecer los parámetros de funcionamiento necesarios que debe cumplir el scooter eléctrico.
- Seleccionar partes y piezas con las cuales se ensamblará el scooter eléctrico, haciendo uso de matrices de comparación, lo que no servirá para clasificar las más adecuadas para el estudio.
- Adquirir las partes y piezas con las cuales se ensamblará el scooter eléctrico.
- Ensamblar el scooter eléctrico con las partes y piezas adquiridas.
- Realizar el montaje de las partes eléctricas, electrónicas y accesorios en sus respectivos soportes.
- Evaluar el funcionamiento del scooter eléctrico.
- Corregir posibles errores de funcionamiento del scooter eléctrico.
- Realizar pruebas finales.
- Elaboración del manual de usuario.

### 3.2 Descripción valores comerciales de los componentes utilizados

Para la implementación del prototipo de VE fue necesaria la adquisición de diferentes componentes en el mercado nacional, dichos componentes fueron analizados en el capítulo

dos, a continuación se puede observar la Tabla 3.1 donde se detalla los costos comerciales de los diferentes componentes analizados en las diferentes tiendas en línea ya que se indagó valores encontrados en mercado libre y visitas presenciales a locales dedicados a la actividad comercial de scooter eléctricos en la ciudad de Quito. Una vez elegido los materiales estos fueron los costos finales:

TABLA 3.1  
COSTOS COMERCIALES DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS

<b>Preforma componentes VE</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor final</b>
1	Chasis	\$ 200,00	\$ 200,00
1	Motor 1500 W	\$ 280,00	\$ 280,00
2	Llanta rin 8	\$ 80,00	\$ 160,00
1	Aro rin 8	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Controlador 1500 W	\$ 65,00	\$ 65,00
1	Batería 60 V 12 Ah	\$ 280,00	\$ 280,00
1	Cables para batería	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Acelerador	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Sistema de frenos	\$ 120,00	\$ 120,00
1	Disco de freno	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Reductor de voltaje	\$ 28,00	\$ 28,00
1	Cargador 60 V	\$ 50,00	\$ 50,00
	<b>Precio final</b>		<b>\$ 1.308,00</b>

Fuente: Autor

El total de todos los componentes eléctricos es de \$ 1.308,00 dólares, pero a este valor se le añade el valor de los elementos extras, tales como tornillos, tuercas, etc.

### **3.3 Descripción de la construcción del prototipo de vehículo eléctrico**

Como primer punto se realizó el montaje de los diferentes componentes encontrados en el mercado nacional sobre el chasis del scooter eléctrico, dicho chasis fue adquirido en un lugar de mantenimiento de dichos VE en la ciudad de Quito. El chasis fue modificado como se puede observar en la Figura 3.1 en vista de algunos de requerimientos para la instalación del sistema de control y posicionamiento de la pantalla que permitió observar de manera gráfica el estado del prototipo, de igual manera la modificación también fue basada en darle un valor agregado a la implementación y con ello obtener un diseño más llamativo hacia un potencial cliente.



Fig. 3.1: Vista general del chasis del scooter eléctrico

Fuente: Autor

Al poseer el chasis modificado se procedió al montaje de los diferentes componentes del sistema basados en el siguiente proceso:

- Tener a la mano el chasis de scooter eléctrico.
- Ponerle los guardafangos delantero y trasero.
- Situar las llantas delanteras y traseras.
- Ubicación estratégica de la batería, controlador y los diferentes equipos de control.
- Montaje de los accesorios.
- Puesta en marcha de las pruebas de funcionamiento del prototipo.

### 3.3.1 Instalación del sistema

El motor se colocó en la parte trasera del scooter, sus terminales pueden ser observados en la Figura 3.2 y fueron cableados mediante un código de colores en las terminales: Fase A (Azul), Fase B (Verde), Fase C (Amarillo) Positivo (Rojo), Negativo (Negro) GND, hasta donde se sitúa el sistema de control, posteriormente es situado junto a la batería del scooter, los terminales del motor, batería y controlador mientras se ajusta en el cajón de bornes como se muestra en la Figura 3.3. Después se procede a la conexión de los elementos hacia el controlador siguiendo la estructura de conexión que se muestra en la Figura 3.4 donde se describe cada uno de los terminales del controlador:



Fig. 3.2: Terminales del motor

Fuente: Autor

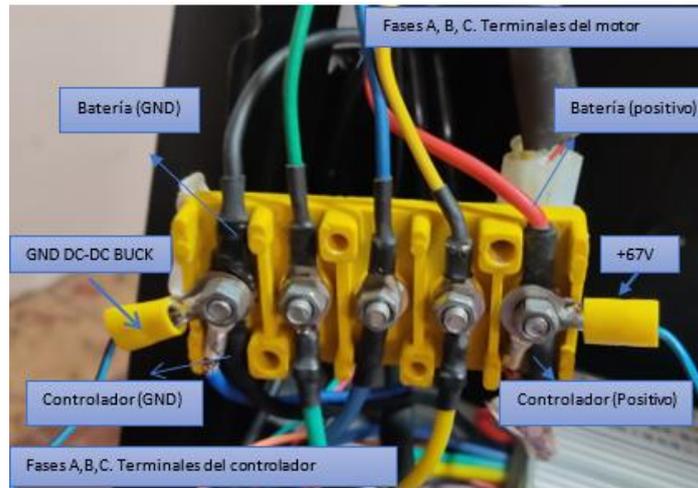


Fig. 3.3: Conexión sistema eléctrico

Fuente: Autor

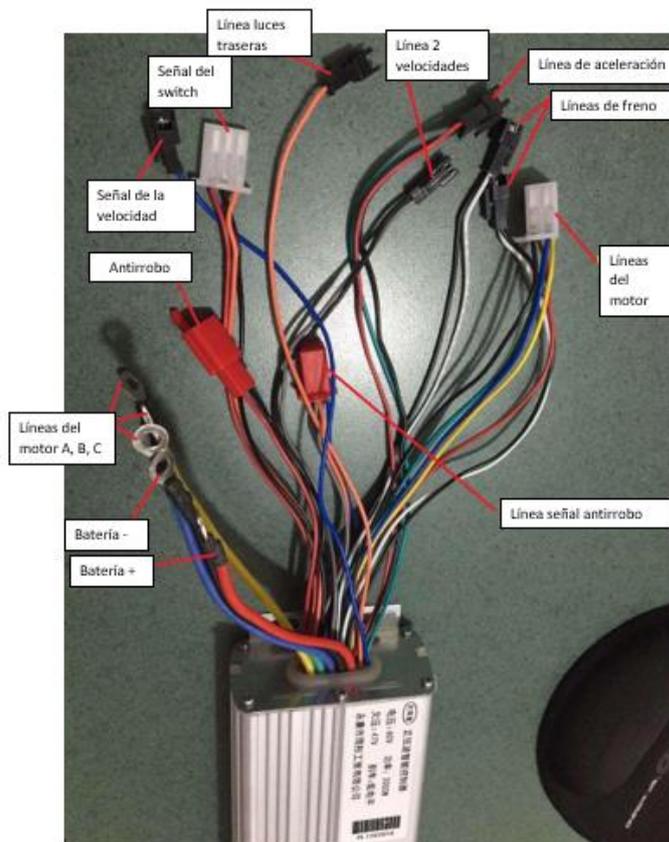


Fig. 3.4: Descripción terminales del controlador

Fuente: Autor

En la Figura 3.5 se puede observar el montaje de los diferentes componentes eléctricos que permitieron la realización de las primeras pruebas de funcionamiento en dónde fue conectado el motor, batería y controlador siguiendo la estructura del conexionado mostrada en la Figura 3.4. La construcción del prototipo de vehículo eléctrico se realizó con cautela, debido a que un mal cableado puede desencadenar en la quema de los dispositivos de control. La conexión

se realiza de acuerdo con el color de las terminales, Fase A (Verde), Fase B (Azul), Fase C (Amarillo) Positivo (Rojo), Negativo (Negro) GND Figura 3.3. Además, se conecta los terminales de los sensores de efecto hall, para la conmutación de alimentación de las fases, como se muestra en la Figura 3.6.



Fig. 3.5: Montaje del scooter eléctrico

Fuente: Autor

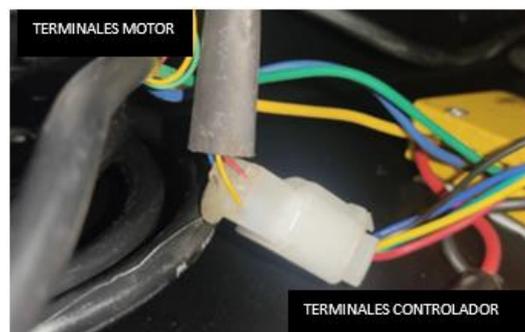


Fig. 3.6: Conexión sensores del motor

Fuente: Autor

a. Conectores del sistema de la batería.

La conexión del sistema que compone la batería se realizó mediante dos conectores machos NEMA 5-15p y un conector hembra de la misma nomenclatura, como se puede observar en la Figura 3.7



Fig. 3.7: a) Conector del cargador. b.) Conector del sistema hacia la batería. c) Conector de la batería hacia el controlador

Fuente: Autor

b. Conexión con el key switch.

El key switch es aquel encargado de habilitar el controlador y el encendido del sistema con el giro de la llave, su conexión se indica en la Figura 3.8, donde también se muestra los terminales que habilitan el controlador.

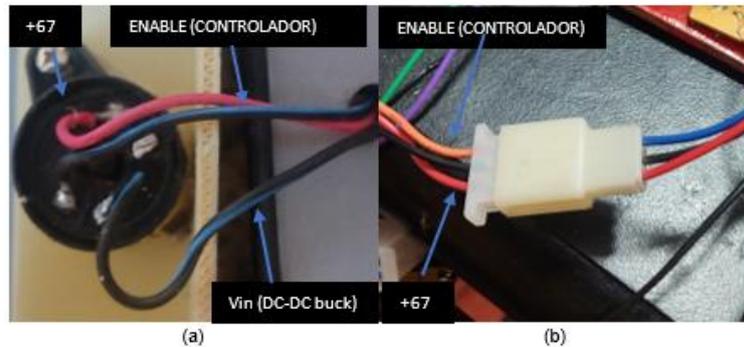


Fig. 3.8: (a) conexión del Key switch, (b) conexión con el controlador

Fuente: Autor

### 3.3.2 Montaje del sistema.

Los elementos que conforman el sistema de control se encuentran situados en una base que evita el contacto con el controlador. Todas las conexiones y cableado para la bocina e iluminación se realizaron con cable calibre 22AWG, para terminales positivos(rojo), GND (negro).

a. Conexión DC-DC Buck.

El convertidor está colocado en gabinete cerca del controlador y batería, a un lado de las terminales de conexión para su alimentación. La alimentación eléctrica del sistema de control se obtiene del conversor DC-DC Buck, que proporciona 12V en su terminal de salida, alimenta el Arduino, pantalla táctil, luces. Su conexión se muestra en la Figura 3.9.

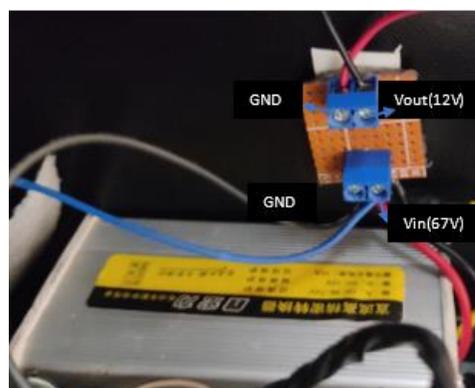


Fig. 3.9: Conexión del DC-DC reductor de voltaje

Fuente: Autor

La terminal positiva (Vin) se conecta al key switch y su terminal GND es conectado a GND de batería. La terminal positiva (Vout) del reductor de voltaje se conecta a los siguientes elementos; Arduino, Módulos L298D, Módulo LM2596. Como se muestra en la Figura 3.9. En la Tabla 3.2, se detalla las terminales conectadas al DC-DC Buck.

TABLA 3.2  
CONEXIÓN DE LOS TERMINALES DEL DC-DC BUCK

Convertidor DC-DC Buck	Conexiones
Vin	+67V (key switch)
Vout	Vin (Arduino), Vin (LM2596), +12V(L298D), +12V(Bocina)
GND	GND (Arduino, LM2596, L298D, luces, bocina)

Fuente: Autor

b. Conexión sistema de iluminación.

La activación de las luces del scooter se realiza mediante el módulo L298D, que separa los 12V de operación de las luces (delanteras, freno, direccionales) del voltaje de funcionamiento del Arduino. No posee partes móviles como los relés por tanto no sufre desgaste y su vida útil es mayor. La conexión de los pines de habilitación de los módulos se explica en la sección de montaje de la tarjeta Arduino.

Las conexiones físicas descritas en la Tabla 3.3, se muestran en la Figura 3.10.



Fig. 3.10: Conexión de las luces del scooter

Fuente: Autor

En la siguiente Tabla 3.3, se detalla los pines conectados para la activación de las luces.

TABLA 3.3  
CONEXION DE LOS PUERTOS DE LOS MODULOS L298D

Módulo L298D (1)	Conexiones
VCC (12V)	Vout (DC-DC buck)
OUT1	+12V lampara delantera, luces de costado.
OUT4	+12V luz de freno.
Módulo L298D (2)	Conexiones
VCC (12V)	Vout (DC-DC buck)

OUT1	+12V luz direccional derecha (delantera y trasera)
OUT4	+12V luz direccional izquierda (delantera y trasera)

Fuente: Autor

c. Conexión del terminal del indicador de velocidad.

Los sensores que determinan la velocidad son los mismo utilizados para la conmutación de las bobinas del motor, el terminal indicador de velocidad entrega un voltaje que va de 0 a 32V en función del rpm del motor, y mediante un divisor de voltaje se puede enviar la información al Arduino para su posterior procesado, sus terminales se muestran en la Figura 3.11.

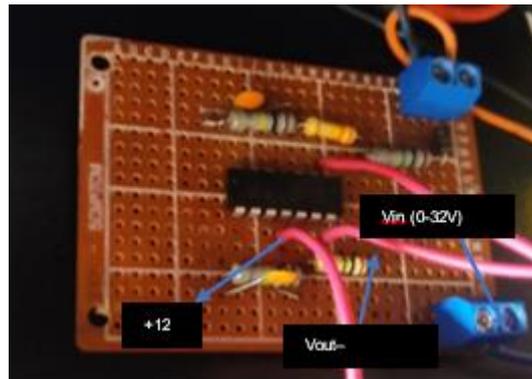


Fig. 3.11: Montaje divisor de voltaje del terminal de velocidad

Fuente: Autor

d. Sensor de freno

Son incrustados en los frenos mecánicos, se accionan al momento de presionar la palanca del freno, envían un valor alto al momento del frenado, para su lectura por el microcontrolador. Su montaje se muestra en la Figura 3.12.



Fig. 3.12: Montaje del sensor de freno

Fuente: Autor

e. Acelerador

Se encuentra situado en la parte derecha del volante, al ser accionado se envía una señal de referencia de velocidad. Se conecta a la barra de 5V y GND y su señal a un puerto analógico de la tarjeta Arduino. Dicho acelerador lo podemos observar en la Figura 3.13:



Fig. 3.13: Acelerador

Fuente: Autor

#### f. Sensor de voltaje

El sensor de voltaje este situado sobre el DC-DC Buck debido a la cercanía del terminal de +67V, sus terminales se muestran en la Figura 3.14.

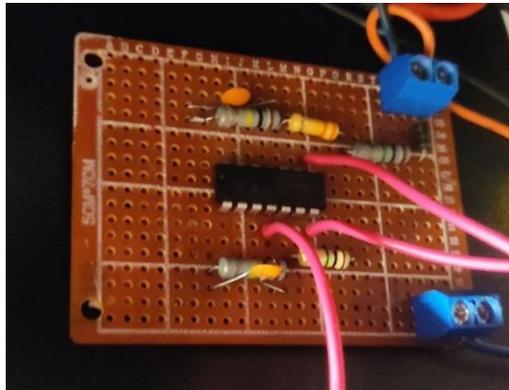


Fig. 3.14: Montaje de sensor de voltaje para determinar el nivel de batería

Fuente: Autor

### 3.4 Pruebas de funcionamiento

Se realizaron pruebas de conducción con el scooter eléctrico ensamblado como se puede observar en la Figura 3.15, con un conductor de 85 kg y una estatura de 1.75 m; donde se obtuvo los siguientes resultados:



Fig. 3.15: Pruebas de funcionamiento

Fuente: Autor

**Conducción en línea recta:** El vehículo, se mantiene estable, aun cuando se pasa sobre algún tipo de grieta y pequeño obstáculo del camino.

**Conducción en curvas:** El vehículo, se mantiene estable y permite la toma de curvas de manera fácil y segura.

**Sistema de frenos:** El sistema de frenos tanto delantero como traseros, responden de buena manera, en altas como en bajas velocidades.

**Suspensión delantera:** La suspensión delantera tiene buen funcionamiento, esto se comprobó pasando por grietas y desniveles, se pudo sentir que el volante no sufre desequilibrio alguno mientras sea sostenido con firmeza.

### 3.4.1 Pruebas de velocidad

Se realizaron pruebas de velocidad para el scooter eléctrico en línea recta y en carretera sobre asfalto, logrando alcanzar velocidades de hasta  $35 \text{ km/h}$  en la primera velocidad y en la segunda velocidad de hasta  $50 \text{ km/h}$ , las cuales se pueden constatar en las Figuras 3.16 y 3.17.

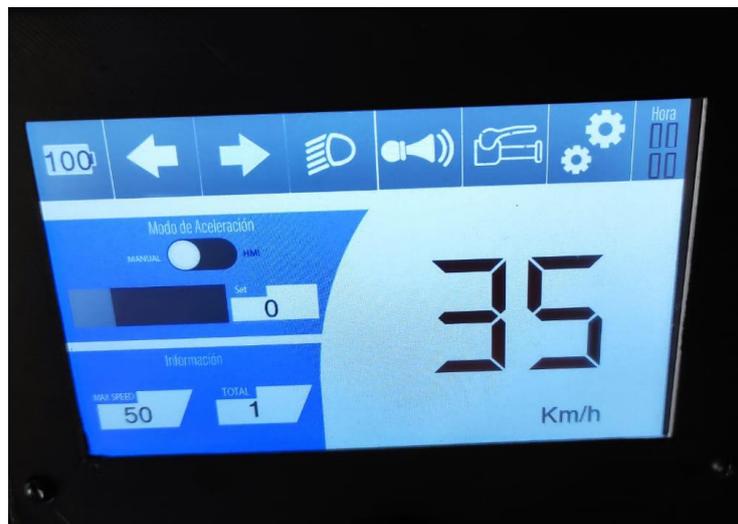


Fig. 3.16: Velocidad máxima primera velocidad

Fuente: Autor



Fig. 3.17: Velocidad máxima segunda velocidad

Fuente: Autor

### 3.5 Resultados

Las pruebas de funcionamiento realizadas en las diferentes vías de la ciudad de Ibarra, arrojó los siguientes resultados que se pueden observar en la Tabla 3.4:

TABLA 3.4  
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Parámetro	Toma de datos (día)			Resultado	Toma de datos (noche)			Resultado	Promedio
	día 1	día 2	día 3		día 1	día 2	día 3		
Autonomía (km)	22	26	24	24	25	20	21	22	23
Tiempo de carga (h)	5,4	5,37	5,4	5,39	5,5	5,34	5,45	5,43	5,41
<b>Velocidades Máximas</b>									
Velocidad 1 (km)	35	36	34	35	35	37	33	35	35
Velocidad 2 (km)	50	51	49	50	48	52	50	50	50

Fuente: Autor

Como podemos observar en la Tabla 3.4, tenemos algunos parámetros que permitieron examinar el desempeño del prototipo elaborado mediante pruebas de funcionamiento, como es de conocimiento general el desempeño del prototipo esta estrictamente ligado a la forma de la carretera donde es utilizada, es decir: inclinaciones, desniveles, pendientes y trayectorias en tramos rectos. Por tal motivo, se realizaron pruebas en diferentes horas del día y diferentes escenarios de las carreteras en la ciudad de Ibarra que ofrecieron diferentes resultados de autonomía, tiempo de carga y velocidades máximas de ambas velocidades con las que cuenta el prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal, las cuales luego fueron promediadas para obtener un resultado final. Como

resultados de las pruebas de funcionamiento de la implementación del scooter eléctrico se obtuvo una autonomía de 23 km, un tiempo de carga de 5 horas y 41 minutos y un peso final del prototipo con todos sus componentes de 60.3 kg. En dichas pruebas se pudo constatar que el scooter eléctrico permite al conductor trasladarse de un lugar a otro de una manera rápida, segura, con estilo y sentir la experiencia de manejar un vehículo motorizado sin obtener una licencia de conducir.

### 3.6 Validación de resultados

La implementación del VE fue realizada con un motor HUB BRUSHLESS de 1500 watts y 475 rpm, el cual cumple los parámetros establecidos en el Capítulo 2, pero en la Figura 3.18 podemos observar el resultado final de la simulación en base al motor implementado en el scooter.

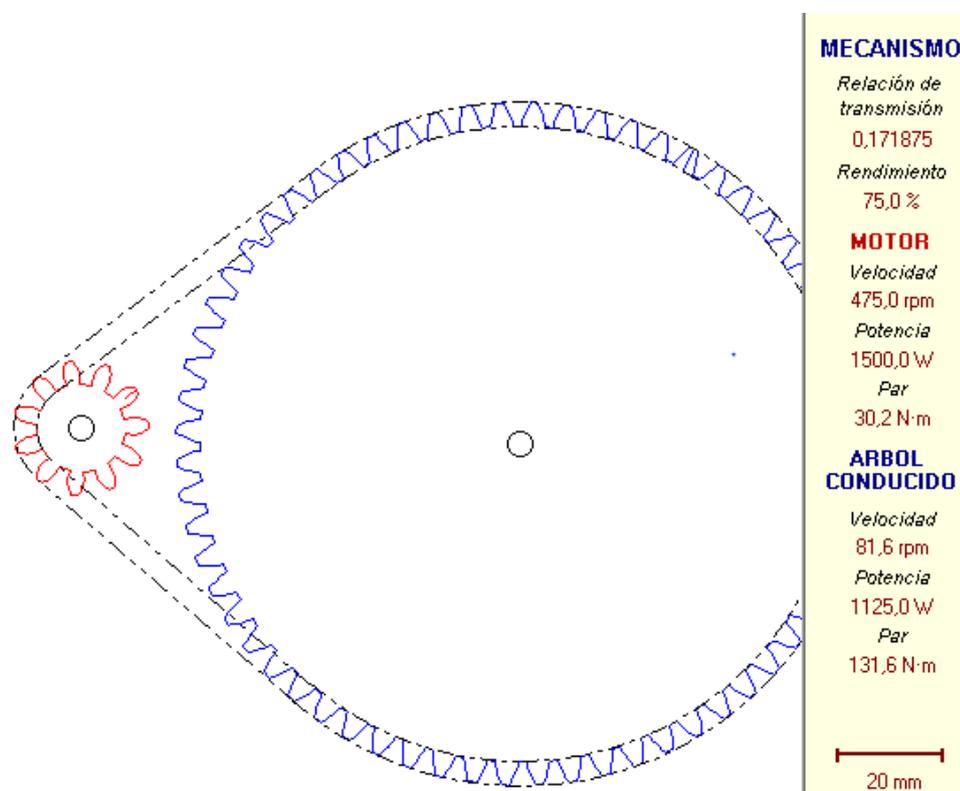


Fig. 3.18: Simulación del motor implementado

Fuente: Autor

Con dicha simulación se intuye que debido a que el resultado del motor utilizado arroja un Par mayor al calculado y observado en la Tabla 2.10, dicho motor cumple los parámetros de diseño y es apto para ser utilizado en el presente trabajo.

### 3.6.1 Cálculos del sistema

Con los elementos ya adquiridos y mediante una balanza digital se procedió a conocer los pesos reales, como se puede observar en la Figura 3.19:



Fig. 3.19: Pesaje de los componentes

Fuente: Autor

Al realizar el pesaje de los componentes físicos mediante una balanza digital, esto permitió conocer el peso neto de los componentes por separado y en conjunto, lo que evidenció como resultado la Tabla 3.5, procediendo al recalcu de los componentes eléctricos que permiten orientar el diseño del motor eléctrico con los valores netos obtenidos:

TABLA 3.5:  
PESO NETO DEL PROTOTIPO DE SCOOTER ELÉCTRICO

Descripción	Masa
Chasis	29 kg
Motor eléctrico	15 kg
Controlador y accesorios	5 kg
Batería	5 kg
Persona promedio	85 kg
Peso extra	11 kg
<b>Total</b>	<b>150 kg</b>

Fuente: Autor

Mediante los pesos observados en la Tabla 3.5, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Peso total del vehículo

De acuerdo con la ecuación 1, el peso total del vehículo con los nuevos pesos obtenidos es:

$$P = 150 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 1471.5 \text{ N}$$

- Fuerza de empuje

Conforme a la ecuación 2, la fuerza de empuje del vehículo con los nuevos pesos conseguidos es:

$$F_E = 0.03 * 1471.5 = 44.15 N$$

- Cálculo torque necesario

Acorde con la ecuación 19, el torque del vehículo con los nuevos pesos obtenidos es:

$$Tn = 0.19 m * 44.15 N$$

$$Tn = 8.39 Nm$$

- Cálculo de la potencia requerida

De acuerdo con ecuación 20, la potencia requerida del vehículo con los nuevos pesos conseguidos es:

$$Pv = 44.15 N * 13.89 \frac{m}{s}$$

$$Pv = 613.24 W$$

- Cálculo de la velocidad angular

Conforme con la ecuación 21, la velocidad angular del vehículo con los nuevos pesos obtenidos es:

$$\omega = \frac{13.11 m/s}{0.19 m}$$

$$\omega = 73.11 \frac{rad}{s}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{\omega * (60)}{2\pi}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{73.11 * (60)}{2\pi}$$

$$\omega_{rpm} = 698.15 RPM$$

Para fines de simulación que permitan observar la nueva respuesta de los nuevos valores obtenidos, se selecciona la rueda de aro forjado que se muestra en la Figura 2.10.

- **Simulación con los nuevos valores**

En las Figuras 3.20 y 3.21 se puede analizar los resultados que se obtuvieron en las simulaciones de un motor de 1000 W y con diferentes valores en rpm, lo que nos permite intuir lo siguiente: en primer lugar, los parámetros mínimos para que se encuentre en el rango

permisible de los calculos realizados en el capítulo 2 de manera teórica es un motor de 1000 W y 4950 rpm, por que con esas características tenemos un valor igual al par calculado en base a los nuevos pesos. En segundo lugar, con valores de motores disponibles en el mercado se realizó una segunda simulación que nos arroja un par mayor al calculado. Finalmente, se puede inferir con dichos resultados que para que el motor de 1000 W cumpla los parámetros preestablecidos debe tener valores menores a los 4950 RPM, ya que sobrepasado este valor el par será menor al calculado.

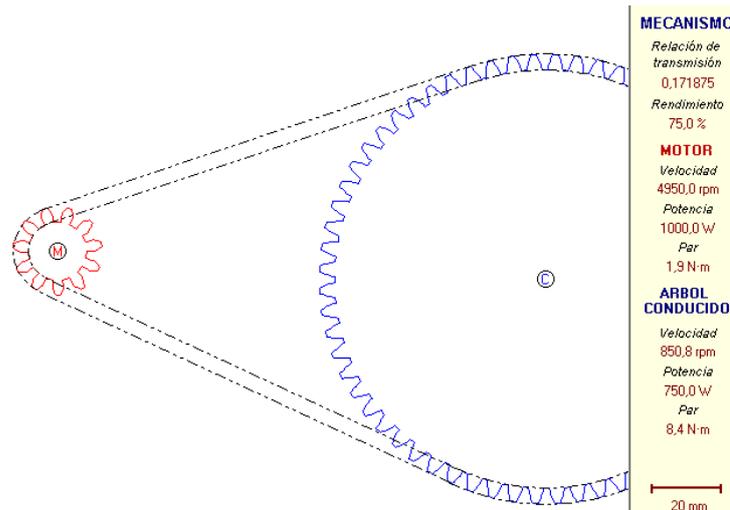


Fig. 3.20: Simulación motor de 1000 W y 4950 rpm

Fuente: Autor

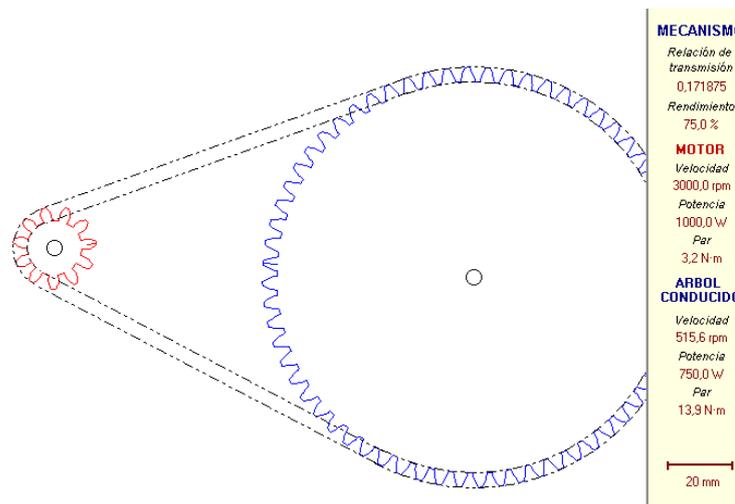


Fig. 3.21: Simulación motor 1000 w y 3000 rpm

Fuente: Autor

Por otra parte, también se realizó la simulación para un motor de 1200 W con un valor teórico de 5950 rpm y un valor comercial de 5600 rpm, en donde se obtuvieron las siguientes simulaciones que pueden analizarse en la Figura 3.22 y 3.23 y con ello se puede inferir que

con dichos resultados que para que el motor de 1200 W cumpla los parámetros preestablecidos debe tener valores menores a los 5950 RPM, ya que sobrepasado este valor el par será menor al calculado.

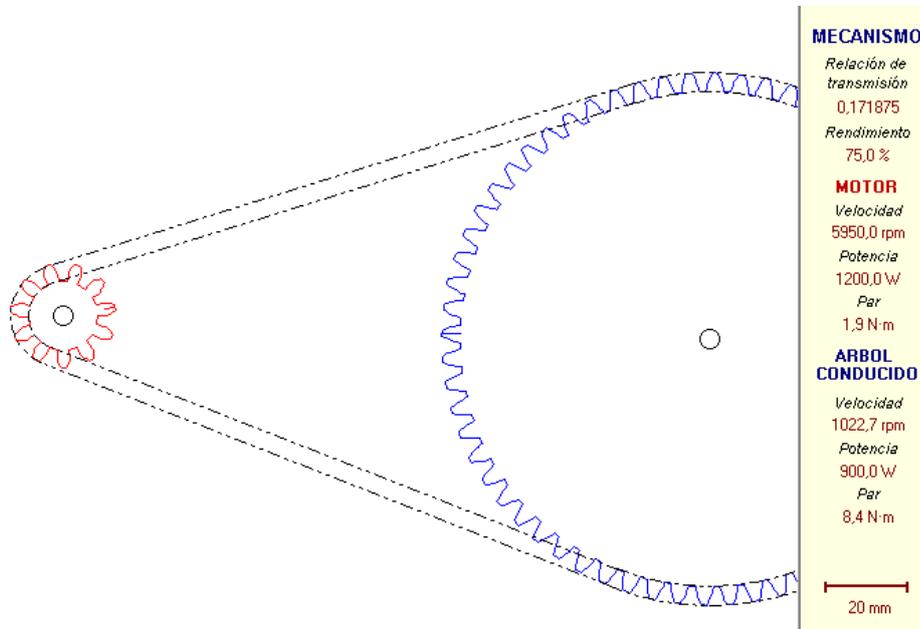


Fig. 3.22: Simulación motor 1200 Watts y 5950

Fuente: Autor

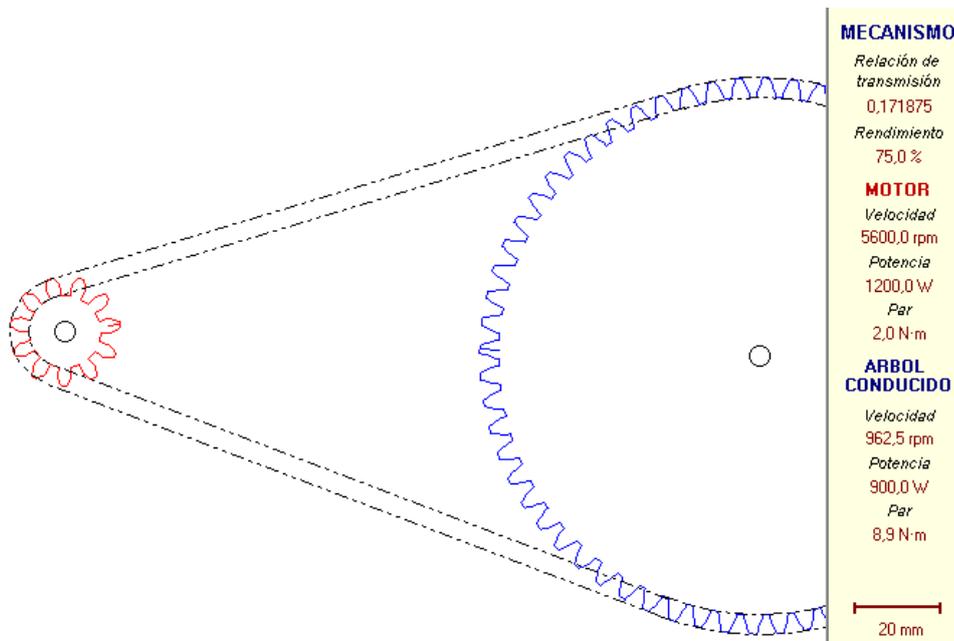


Fig. 3.23: Simulación motor de 1200 W y 5600 RPM

Fuente: Autor

### 3.6.2 Comparativa con otros Scooter eléctricos del mercado nacional

A continuación, en la Tabla 3.6 podemos observar los resultados obtenidos versus algunos modelos de scooter eléctricos que se ofertan en el mercado nacional:

TABLA 3.6  
VALIDACIÓN DE RESULTADOS

<b>Validación de resultados</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>PROTOTIPO SCOOTER ELÉCTRICO UTN</b>	<b>SCOOTER CITYCOCO FX-04 ELECTRICO - Motor 1500 W</b>	<b>Moto Eléctricas Tipo Scooter De 1500 W</b>
<b>Carga máxima</b>	199 kg	200 kg	200 kg
<b>Velocidad máxima</b>	50 km/h	45 km/h	60 km/h
<b>Autonomía</b>	23 km	45 km	50 km
<b>Tipo de batería</b>	Lithium 60V 12AH	(2) Lithium 60V 12AH	(2) Lithium 60V 20 AH
<b>Entrada de alimentación</b>	100-240 V/AC	100-240 V/AC	100-240 V/AC
<b>Tiempo de Carga</b>	5 horas y 41 minutos	3-4 horas	6 horas
<b>Peso neto del VE</b>	60.3 kg	65 kg	65 kg

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Tabla 3.6, la implementación del vehículo eléctrico para movilidad personal está entre los rangos y cumple con especificaciones técnicas de Scooter eléctricos existentes y comercializados a nivel nacional en donde el prototipo implementado tiene valores aproximados en su carga máxima, velocidad máxima, peso neto, tiempo de carga y batería utilizada, esto permite que sea más fácil la adquisición de repuestos, mantenimientos y centros especializados en sus sistemas de control. Por otra parte, aunque en la comparativa se puede apreciar que los scooters ofertados en el mercado local tiene una autonomía mayor, esto es debido a que estos nuevos modelos vienen ya integrados en su estructura con dos baterías para obtener una mayor autonomía y los fabricantes o comerciantes para hacer el vehículo más llamativo promocionan una autonomía en conjunto y no por separado de cada batería.

### 3.7 Discusión final

El prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal implementando puede ser conducido por las diferentes vías de la ciudad de Ibarra permitiendo así el traslado de forma

rápida por medio de las ciclovías, vías y carreteras existentes. El desplazamiento lo realiza por medio de la actuación de los componentes eléctricos y electrónicos que lo componen. El vehículo realiza un impacto positivo sobre el medio ambiente, reduciendo así la contaminación ambiental y auditiva, mientras promueve el uso de sistemas de movilidad sustentable.

El prototipo fue sometido a pruebas de funcionamiento para verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos, de la misma forma se comprobó que los componentes seleccionados para el desarrollo del trabajo son de fácil acceso en el mercado nacional y pueden ser recibidos en la comodidad del hogar mediante empresas dedicadas al envío de mercadería. Por otra parte, el motor del vehículo implementado también pudo ser de 1000 W o 1200 W siempre y cuando sus rpm sean menores a 4950 y 5950 respectivamente, ya que al sobrepasar estos valores el torque simulado será menor al calculado y permitirá intuir que dicho motor no es apto para la aplicación propuesta.

El scooter puede transitar por superficies planas, semiplanas y semi-inclinadas, ya que en sus pruebas de conducción se verificó que el vehículo se mantiene estable, aun cuando se pasa sobre algún tipo de grieta, pequeño obstáculo del camino o toma de curvas y su suspensión delantera tiene buen funcionamiento, esto se comprobó pasando por grietas y desniveles, donde se pudo observar que el volante no sufre desequilibrio alguno mientras sea sostenido con firmeza.

Las pruebas realizadas mostraron buenos resultados en comparación con otros scooters ofertados en el mercado local, para ello se realizaron distintas pruebas de funcionamiento en diferentes horas del día concluyendo que es apto para ser conducido tanto en el día como en la noche, mas no en la lluvia ya que esto podría afectar drásticamente los componentes que lo conforman.

## Conclusiones

- Por medio del análisis realizado sobre las diferentes tecnologías que existen en el mercado local, se pudo determinar que el motor tipo HUB BRUSHLESS y la batería de ION-LIITIO son las mejores opciones para la aplicación requerida, debido a su eficiencia, eliminación de la contaminación auditiva y ambiental. Por otra parte, gracias al crecimiento de la movilidad eléctrica a nivel nacional, cada uno de los componentes utilizados puede ser encontrado de forma fácil en el mercado local o tiendas online a nivel nacional.
- Inicialmente se estimó el peso del scooter en 199 kg, lo que permitió elegir un motor de 1500 W con su respectiva batería y controlador. El scooter eléctrico ensamblado tiene la capacidad de transportar a una persona con un peso promedio de 85 kg, logrando alcanzar una velocidad máxima de 35 km/h con su primera velocidad y 50 km/h con su segunda velocidad en línea recta. De igual manera, se pudo analizar que la autonomía del VE está directamente relacionada con el tipo de carretera en el cual se esté transitando, ya que la autonomía disminuye cuando las condiciones de la carretera son con desniveles o carreteras inclinadas, pero no afecta de una manera significativa.
- Aunque el prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal este en capacidad con su batería a un nivel entre el 80-100 % para subir las carreteras inclinadas que se encuentran en la ciudad de Ibarra, esto produce un recalentamiento en algunos componentes del sistema, dicho recalentamiento es una respuesta lógica por la demanda excesiva de corriente en sus componentes, esto fue constado en pruebas de funcionamiento y en el análisis bibliográfico de manuales de usuarios de otros scooters eléctricos de similares características ofertados en el mercado local.

## **Recomendaciones**

- El prototipo de scooter eléctrico quedará en los laboratorios de la universidad, para continuar con futuros estudios y mejoras de cada uno de los sistemas que lo componen, este caso en estudios futuros se podría implementar sistemas de transporte con un sistema de transmisión con cadenilla y con el motor tipo HUB BRUSHLESS, puesto que el diseño se realizó en base a las dos configuraciones y el sistema está diseñado para soportar ambos sistemas por separado o en conjunto.
- Para aumentar la eficiencia de la autonomía del scooter eléctrico se puede añadir otra batería de iguales o mejores características a la batería utilizada para el presente caso de estudio, dicha batería tiene un valor promedio en el mercado local de \$300 dólares americanos.
- No utilizar el scooter eléctrico cuando este lloviendo o dejarlo a la intemperie por tiempos prolongados porque el sistema no está diseñado para estar expuesto a las lluvias, ya que puede verse afectado drásticamente el sistema de control y su funcionamiento.

## **Bibliografía**

- Aguilera, J. A., & Cruz, M. R. (2018). *Baterías de Litio*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Araujo, C. (11 de Junio de 2015). *Blogspot. Obtenido de Contaminación en Quito*. Obtenido de Blogspot. Obtenido de Contaminación en Quito:  
<http://contaminacionambientalenquito465.blogspot.com/>
- Arteaga, S. (28 de Abril de 2017). *ComputerHoy. Obtenido de Crean baterías de níquel-zinc*. Obtenido de ComputerHoy. Obtenido de Crean baterías de níquel-zinc:  
<http://computerhoy.com/noticias/hardware/crean-baterias-niquel-zinc-mas-seguras-baratas-que-litio-61672>
- Cáceres, D. P., & Flores, P. F. (2013). *Diseño y Montaje de Fuente Conmutada para Alimentación de Convertidor Multinivel*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.
- Cáceres, G. (2018). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYOS DE LA MOTORIZACIÓN ELÉCTRICA CONTROLADA POR BLUETOOTH DE UN MONOPATÍN CONVENCIONAL. (TRABAJO DE GRADO)*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Castillo, A. (2018). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN LONGBOARD ELÉCTRICO. (TRABAJO DE GRADO)*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- Celi, A. (20 de Agosto de 2019). 'Scooters' en Guayaquil y Quito funcionarán a partir de octubre del 2019. (E. UNIVERSO, Entrevistador)
- Chapman, S. J. (2012). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*. NEW YORK: Mc Graw Hill.
- Chavez, A., Muñoz, R., Rojas, C., & Vera, G. (2018). *PLAN DE NEGOCIO PARA LA IMPORTACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE BICICLETAS, REPUESTOS Y ACCESORIOS EN EL MERCADO PERUANO. (TRABAJO DE MAESTRÍA)*. Lima: UNIVERSIDAD ESAN.
- Chunchi, G., & Espinoza, C. (2015). *Diseño y construcción del sistema de regeneración de energía y acumulación por supercondensadores para una bicicleta. (TRABAJO DE GRADO)*. Cuenca: UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

- Córdova, S., & Montero, I. (2017). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en el recorrido interno de la Universidad Internacional del Ecuador*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Daghero, M. D. (2019). *Scooter Eléctrico (Tesis de grado)*. Buenos Aires: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.
- Díaz, A., & Baelo, M. (2018). ¿Es el patinete eléctrico un ciclomotor? Luces y sombras ante un limbo jurídico. *La Ley*, 6.
- EPN. (01 de Agosto de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:  
<https://es.scribd.com/document/355257972/Resumen-Normativa-Vehiculos-Elctricos-Ecuador>
- Gamero, E. (19 de Julio de 2016). *indoostrial.com/*. Obtenido de indoostrial.com/:  
[https://www.indoostrial.com/blog/patinetes\\_electricos/](https://www.indoostrial.com/blog/patinetes_electricos/)
- García, M. (2015). *PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. (PROYECTO DE GRADO)*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- INEN. (2003). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 167*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Lema, R. (2016). *ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VÍA TRONCAL ELEVADA EXCLUSIVA PARA BICICLETAS ELÉCTRICAS UTILIZANDO EL CAUSE DEL RIO MACHÁNGARA EN LA CIUDAD DE QUITO. (PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAESTRÍA DEL TRANSPORTE)*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Martinez, A. (07 de Enero de 2020). *metroecuador*. Obtenido de metroecuador:  
<https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2020/01/07/preparan-normativa-uso-segway-scooters-bicicletas-motocicletas-electricas-quito.html>
- Minguela, I. (2016). *Diseño eléctrico y electrónico de una motocicleta eléctrica infantil 2x2. (TRABAJO DE GRADO)*. Valladolid: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- Mohan, N., Undeland, T., & Robbins, P. (2009). *Electrónica de Potencia: Convertidores, Aplicaciones y Diseño*. México : McGRAW-HILL.
- Mott, E., Vavrek, M., & Wang, J. (2018). *Machine Elements in Mechanical Desing* . New York: Pearson Education, Inc.

- Núñez, Y. (2016). *DISEÑO DE UN CHASIS LIGERO MONOVIGA PARA UNA MOTOCICLETA OFFROAD. (TRABAJO DE GRADO )*. LEGANÉS: UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID.
- Oponeo. (23 de Agosto de 2019). *Oponeo*. Obtenido de Oponeo:  
<https://www.oponeo.es/neumaticos-moto>
- Parión, D. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA CON ENERGÍA NO CONVENCIONAL EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO TIPO SCOOTER. (TRABAJO DE GRADO )*. Ibarra: UTN.
- Patineteelectrico*. (16 de Julio de 2018). Obtenido de Patineteelectrico:  
<https://patineteelectrico.shop/analisis-productos/xiaomi-mijia-scooter-m365-500w/>
- Servimotor. (14 de Mayo de 2017). *Servimotor*. Obtenido de Servimotor:  
<https://www.sevimotor.com/es/recambio-neumaticos-y-ruedas-patinetes>.
- Stefani, F. (2014). *Determinación del módulo de Young*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Taborda, J., & Vázquez, D. (2018). *LA BICICLETA ELÉCTRICA, UNA ALTERNATIVA DE MOVILIDAD LIMPIA CON BENEFICIOS PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN. (TRABAJO DE GRADO)*. Medellín: INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA.
- UUMOTOR. (16 de Mayo de 2019). *UUMOTOR*. Obtenido de UUMOTOR:  
<https://www.uumotor.com/ws/>
- Valencia, R. A. (2018). *Análisis del Comportamiento de un Motor Eléctrico, Adaptado a una Motocicleta, Bajo Características de Torque, Potencia y Velocidad. (TRABAJO DE GRADO)*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Valero-Bover, D., Olivella-Rosell, P., & Villafafila-Robles, R. (2019). Performance Analysis of an Electric Vehicle Fleet for Commercial Purpose. *IEEE*, 6.
- Valvermont, J. (25 de Septiembre de 2015). *Medio Ambiente y Naturaleza*. Obtenido de *Todo*. Obtenido de Medio Ambiente y Naturaleza. Obtenido de Todo:  
<http://medioambienteynaturaleza.com/consideraciones-y-tipos-de-bicicletaselectricas/>
- Vanilla, R. (23 de Julio de 2015). *Ridefox.com*. Obtenido de Ridefox.com:  
[https://www.ridefox.com/fox\\_tech\\_center/owners\\_manuals/07/spa/rear\\_shocks/vanilla\\_r\\_rear.htm](https://www.ridefox.com/fox_tech_center/owners_manuals/07/spa/rear_shocks/vanilla_r_rear.htm)

## Anexos A

### Formulas diseño mecánico

#### I. Cálculo de la fuerza de empuje

La fuerza de empuje es necesaria calcularla debido a que esta es la fuerza necesaria que se necesita para mover el scooter del reposo. Para realizar el cálculo respectivo se procede mediante el siguiente proceso:

#### II. Peso total del vehículo

$$P = m * g$$

Fuente: (Godlewski & Pawlak, 2018)

P = peso total vehicular

m = masa total del scooter y el piloto

g = aceleración de la gravedad

#### III. Fuerza de empuje

$$F_E = Crr * N$$

$F_E$  = Fuerza para mover el scooter del reposo sin aplicar frenos

Crr = Coeficiente a la rodadura (Llanta sobre asfalto es igual a 0.003) (Parión, 2019)

N = Fuerza normal, es igual al peso bruto P.

#### IV. Fuerza de reacción sobre la rueda frontal cuando el scooter está en reposo.

El siguiente paso para realizar, es cálculo de las fuerzas de reacción que se provocan en las ruedas, cuando el scooter está en reposo. La primera reacción por calcular es en la rueda delantera, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_D = \frac{P}{L} (l_2)$$

Fuente: (Boylestad & Louis, 2009)

$R_D$  = Fuerza de reacción sobre la rueda frontal cuando el vehículo está en reposo.

P = Peso total del vehículo

L = Distancia entre ejes

$l_2$  = Distancia entre el punto de contacto de la rueda trasera y el centro de gravedad

V. Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el scooter está en reposo

$$R_T = \frac{P}{L} (l_1)$$

Fuente: (Boylestad & Louis, 2009)

$R_T$  = Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el vehículo está en reposo.

P = Peso total del vehículo

L = Distancia entre ejes

$l_1$  = Distancia entre el punto de contacto de la rueda frontal y el centro de gravedad

VI. Fuerza de frenado

$$F_F = P * \mu$$

Fuente: (Godlewski & Pawlak, 2018)

$F_F$  = Fuerza de frenado

P = Peso total vehicular

$\mu$  = Coeficiente de fricción. Para scooter en carretera ordinaria es de 0.7. (Parión, 2019)

VII. Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera

$$F_D = \frac{F_F}{L} (l_1 + \mu * h)$$

Fuente: (Boylestad & Louis, 2009)

$F_D$  = Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera

$F_F$  = Fuerza de frenado

L = Distancia entre ejes

$l_1$  = Distancia horizontal entre el punto de contacto de la rueda delantera con el suelo y el centro de gravedad.

$\mu$  = Coeficiente de fricción

h = Altura entre el centro de gravedad y el suelo.

VIII. Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera.

A continuación, se calcula la fuerza que provoca cuando se aplica el freno únicamente en la rueda trasera, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_T = \frac{F_F}{L} (l_2 + \mu * h)$$

Fuente: (Boylestad & Louis, 2009)

$F_T$  = Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera

$F_F$  = Fuerza de frenado

L = Distancia entre ejes

$l_2$  = Distancia horizontal entre el punto de contacto de la rueda trasera con el suelo y el centro de gravedad.

$\mu$  = Coeficiente de fricción

h = Altura entre el centro de gravedad y el suelo.

### IX. Fuerzas durante el giro

Ahora se realizará el cálculo de la fuerza cuando el scooter está girando, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{m * v^2}{R}$$

Fuente: (Godlewski & Pawlak, 2018)

$F_c$  = Fuerza centrífuga

m = masa total del scooter

v = Velocidad máxima ( $\frac{40km}{h} = 11.11 \frac{m}{s}$ )

R = Radio mínimo de giro antes del deslizamiento y la velocidad máxima para una vía en área urbana a una velocidad de 50 km/h el radio mínimo es 100 m. (Parión, 2019)

### X. Carga total de los elementos a soportar

$$P_B = m * g$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Vallejo & Zambrano, 2007), (Tejerizo, 2015)

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

m = Masa total

g = Aceleración de la gravedad

### XI. Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural

$$w_B = \frac{P_B}{L}$$

Fuente: (Salazar, 2007)

$w_B$  = Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

L = Longitud del elemento estructural

## XII. Primera reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida

Con el valor de carga uniformemente distribuida a lo largo de la barra, se procede a calcular la reacción en el primer extremo (A) de la barra, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_A = \frac{P_B}{2}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018)

$R_A$  = Primera reacción, para una viga bien potrada con una carga uniformemente distribuida.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

## XIII. Segunda reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

$$R_C = \frac{P_B}{2}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)

$R_C$  = Segunda reacción, para una viga bien potrada con una carga uniformemente distribuida.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

## XIV. Momento flector, generado en el primer extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

$$M_A = -\frac{P_B * L}{12}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)

$M_A$  = Momento flector generado en el primer extremo, para una viga bien potrada uniformemente.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

L = Longitud de la viga

## XV. Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

$$M_B = \frac{P_B * L}{24}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)

$M_B$  = Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada uniformemente.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

L = Longitud de la viga

XVI. Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

$$M_C = - \frac{P_B * L}{12}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Tejerizo, 2015)

$M_C$  = Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada uniformemente.

$P_B$  = Carga total de los elementos a soportar

L = Longitud de la viga

XVII. Segundo momento del área para sección circular

Para el cálculo del segundo momento del área ( $I$ ), se utiliza el formulario para una sección circular, mostrado en la Figura.

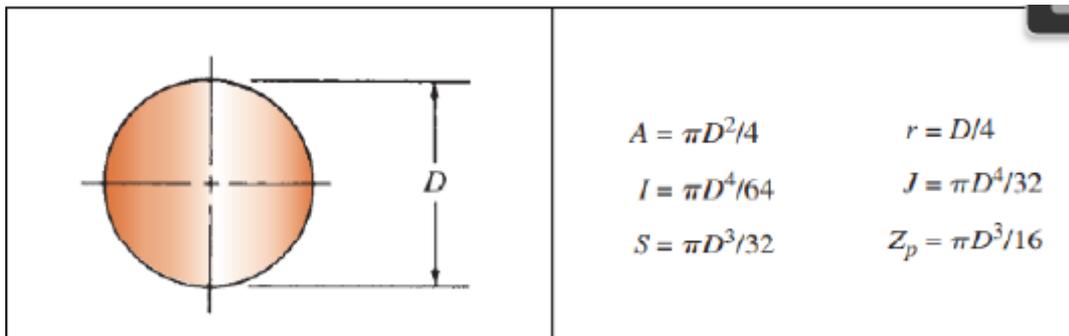


Fig. A1: Formulario de áreas para secciones circulares.

Fuente: (Parión, 2019)

$$I = \frac{\pi * (D)^4}{64}$$

$I$  = Segundo momento del área para una sección circular.

$D$  = Diámetro de la sección circular, para este caso es igual a 0.008 m (diámetro de la barra seleccionada).

XVIII. Esfuerzo flexionante máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{M * C}{I}$$

Fuente: (Parión, 2019)

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo flexionante máximo.

$M$  = Momento flexionante aplicado en la sección.

$C$  = Distancia del plano neutro a la fibra externa, para este caso será igual al radio de la sección circular igual 0.004 m (radio de la barra seleccionada).

$I$  = Segundo momento del área (momento de inercia del área) de la sección transversal de la viga con respecto al plano neutro.

XIX. Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

Fuente: (Mott, Vavrek, & Wang, 2018), (Norton, 2011), (Budynas & Nisbett, 2015), (Aulestia, 2017), (Tambaco, 2017)

$n$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Resistencia a la fluencia del material

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo flexionante máximo

## Anexos B

### Cálculos diseño mecánico

#### Geometría del scooter eléctrico

Una vez que se ha determinado el parámetro base del modelo a realizar, el siguiente paso es proporcionar la geometría básica que el scooter deberá tener, para lo cual se muestra la figura 7, estableciendo los siguientes parámetros:

$L$ : 1.3 m, considerada como la medida estándar es los scooters. (Aguilera & Cruz, 2018)

$h$ : 0.40 m, para un scooter eléctrico con una distancia entre ejes de 1.3 m. (Aguilera & Cruz, 2018)

$l_2$ : 0.54 m, para un scooter con una distancia entre ejes de 1.3 m. (Aguilera & Cruz, 2018)

$\mu$ : para scooters en carretera ordinaria es de 0.7. (Cáceres & Flores, 2013) (Parión, 2019)

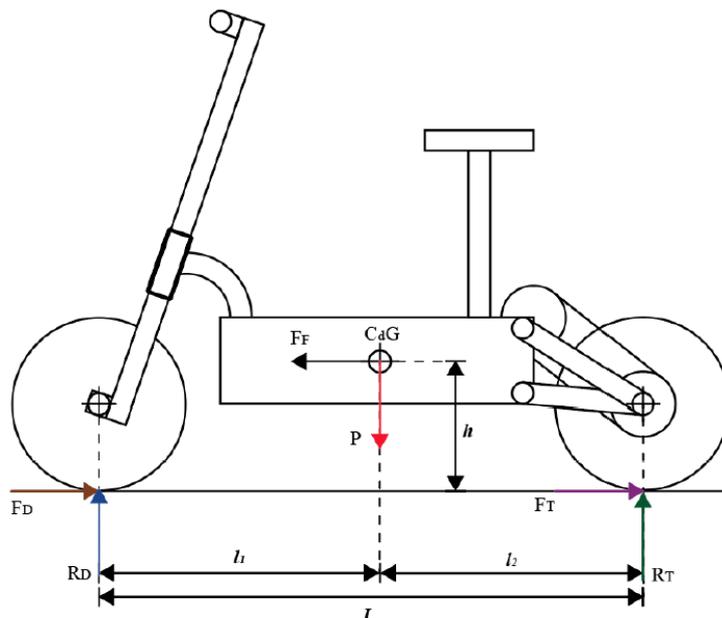


Fig. B1: Geometría básica del scooter eléctrico

Fuente: (Parión, 2019)

Conociendo  $L$  y  $l_2$ , podemos obtener  $l_1$ , ya que por geometría:

$$l_1 = L - l_2$$

$$l_1 = 1.3 \text{ m} - 0.54 \text{ m} = 0.76 \text{ m}$$

Cálculos para la selección de los componentes

A continuación, se procede a realizar una serie de cálculos sistemáticos que aseguren la óptima selección de los componentes a utilizar en el diseño del VE.

Cálculo peso total vehicular

Para el cálculo del peso total vehicular se utiliza la ecuación 1 y los datos obtenidos en la tabla 13, respectivamente:

$$P = 199 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 1952.19 \text{ N}$$

Fuerza de empuje

Para el cálculo de la fuerza de empuje, se utilizó la ecuación 2:

$$F_E = 0.03 * 1952.19 = 58.56 \text{ N}$$

Fuerza de reacción sobre la rueda frontal cuando el scooter está en reposo.

Para el cálculo de la Fuerza de reacción sobre la rueda frontal cuando el scooter está en reposo, se utilizó la ecuación 3:

$$R_D = \frac{1952.19 \text{ N}}{1.3 \text{ m}} (0.54 \text{ m})$$

$$R_D = 810.91 \text{ N}$$

Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el scooter está en reposo.

Para el cálculo de la Fuerza de reacción sobre la rueda trasera cuando el scooter está en reposo, se utilizó la ecuación 4:

$$R_T = \frac{1952.19 \text{ N}}{1.3 \text{ m}} (0.76 \text{ m}) = 1141.28 \text{ N}$$

Fuerza de frenado

Para el cálculo de la Fuerza de frenado, se utilizó la ecuación 5:

$$F_F = 1952.19 * 0.7 = 1366.4 \text{ N}$$

Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera.

Para el cálculo de la Fuerza de frenado máximo en la rueda delantera, se utilizó la ecuación 6:

$$F_D = \frac{1366.4}{1.3} (0.76 + 0.7 * 0.4) = 1093.12 \text{ N}$$

Fuerza de frenado de frenado máximo en la rueda trasera.

Para el cálculo de la Fuerza de frenado máximo en la rueda trasera, se utilizó la ecuación 7:

$$F_T = \frac{1366.4}{1.3} (0.54 - 0.7 * 0.4) = 273.28 \text{ N}$$

Fuerzas durante el giro

Para el cálculo de la Fuerza durante el giro se utilizó la ecuación 8:

$$F_c = \frac{199 \text{ kg} * (11.11 \frac{m}{s})^2}{100 \text{ m}} = 245.63 \text{ N}$$

Parámetros y condiciones para el diseño del soporte

Este soporte debe ser capaz de resistir el peso de los siguientes componentes:

TABLA B1  
PESO PARA SOPORTAR DE BATERÍA Y CONTROLADOR

Componentes	Masa (kg)
Baterías	30
Controlador y accesorios	6
<b>Total</b>	<b>36</b>

Fuente: Autor

Carga total de los elementos a colocar sobre el soporte de las baterías.

Para el cálculo de la carga total de los elementos a colocar sobre el soporte de las baterías, se utilizó la ecuación 9:

$$P_B = (36 \text{ Kg}) * (9.81 \frac{m}{s^2}) = 353.16 \text{ N}$$

Carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural.

Para el cálculo de la carga uniformemente distribuida a lo largo de un elemento estructural, se utilizó la ecuación 10:

$$w_B = \frac{353.16 \text{ N}}{0.45 \text{ m}} = 784.8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Primera reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

Para el cálculo de la primera reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida, se utilizó la ecuación 11:

$$R_A = \frac{353.16 \text{ N}}{2} = 176.58 \text{ N}$$

Segunda reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

Para el cálculo de la segunda reacción, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida, se utilizó la ecuación 12:

$$R_C = \frac{353.16 \text{ N}}{2} = 176.58 \text{ N}$$

Momento flector, generado en el primer extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

Para el cálculo del momento flector, generado en el primer extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida, se utilizó la ecuación 13:

$$M_A = -\frac{353.16 \text{ N} * 0.45 \text{ m}}{12} = -13.24 \text{ Nm}$$

Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

Para el cálculo del Momento flector generado en el punto medio, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida, se utilizó la ecuación 14:

$$M_B = \frac{353.16 \text{ N} * 0.45 \text{ m}}{24} = 6.62 \text{ Nm}$$

Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida.

Para el cálculo del Momento flector generado en el segundo extremo, para una viga bien potrada con carga uniformemente distribuida, se utilizó la ecuación 15:

$$M_A = -\frac{353.16 \text{ N} * 0.45 \text{ m}}{12} = -13.24 \text{ Nm}$$

El momento para analizar, es el generado en los extremos de la barra; y al ser iguales, se puede tomar uno de ellos, para un posterior análisis y cálculo del módulo de sección requerido, que permitirá a su vez encontrar el espesor que la barra deberá tener para seleccionarla para su utilización, ello podría ser una mejora futura que se podría añadir mediante un análisis mecánico y simulaciones más detallada para temas de maestría o postgrado que requieren un análisis más profundo y específico.

Material requerido para el chasis

Para conocer la resistencia a la fluencia del material ( $S_y$ ) es esencial elegir el material a utilizar, para la realización de un scooter eléctrico se recomienda una barra soldable de acero de la serie ASTM A706 (Parión, 2019) sus características se pueden ver en la Tabla B2:

TABLA B2  
CARACTERÍSTICAS BARRA SOLDABLE DE ACERO ASTM A706

Parámetro	Valor
Resistencia a la tensión (MPa)	550
Resistencia a la fluencia (MPa)	420
Módulo de elasticidad (GPa)	210

Fuente: (Parión, 2019)

Se recomienda utilizar este tipo de material en la construcción del VE, debido a que como menciona (Parión, 2019) el límite elástico del chasis sometido al peso total vehicular de este tipo de vehículos superiores a los 150 kg y con el diseño antes mencionado es de alrededor 80.03 MPa, valor que es inferior al del material seleccionado, por lo tanto, en este punto el diseño se lo considera válido.

Cálculo del esfuerzo flexionante máximo.

Para el cálculo del esfuerzo flexionante máximo, se utilizó la ecuación 17:

Donde:

$$I = \frac{\pi * (0.008)^4}{64} = 0.000000000201062 \text{ m}^4$$

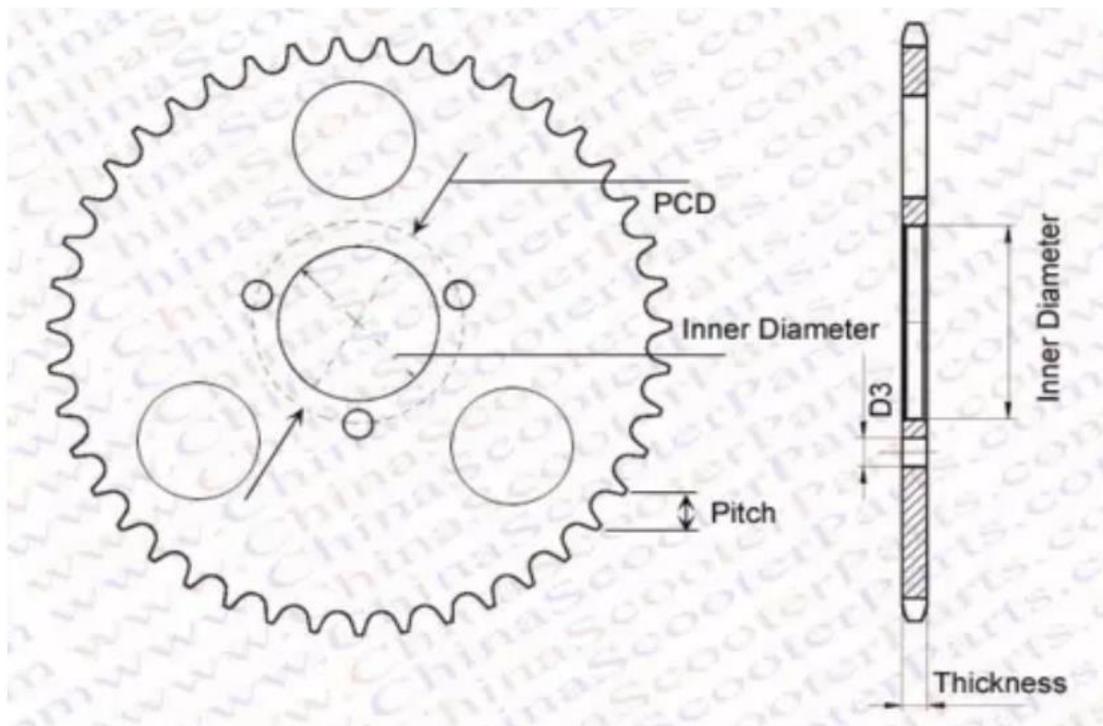
$$\sigma_{max} = \frac{(8.83) * (0.004)}{0.000000000201062 \text{ m}^4} = 263.4 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Para el cálculo del factor de seguridad, se utilizó la ecuación 19:

$$n = \frac{420 \text{ MPa}}{175.67 \text{ MPa}} = 1.59$$

Al dar un resultado mayor a 1 el diseño se considera aceptable.



Número de artículo	Diente	Paso	Agujero interior	PCD	De espesor	Diámetro exterior
T442-35-48	44	8mm	35mm	48mm	3,6mm	117mm
T542-35-48	54	8mm	35mm	48mm	3,6mm	141mm
T642-35-48	64	8mm	35mm	48mm	3,6mm	166mm
T742-35-48	74	8mm	35mm	48mm	3,6mm	192mm

Fig. B2: Catálogo de CSpaRt TM, para piñones de ruedas traseras.

Fuente: (Parión, 2019)



Fig. B3:Modificación scooter eléctrico

Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas**

**Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico**

**MANUAL DE USUARIO SOBRE LA IMPLEMETACIÓN DE UN SCOOTER  
ELÉCTRICO PARA MOVILIDAD PERSONAL Y IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE CONTROL INTEGRADO A UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO  
ELÉCTRICO PARA MOVILIDAD PERSONAL**

Autor:

Cabeza Perugachi Jesús Ricardo

Castaño González Sebastián

Director:

MSc. Eliana Carolina Ormeño Mejía

Ibarra - Ecuador

2021

**MANUAL DE USUARIO**

## 1. INTRODUCCIÓN

Por favor, lea cuidadosamente este manual de usuario antes de usar el vehículo. Un uso inadecuado de éste podría provocar daños personales, lesiones o accidentes de tráfico. Para sacar el máximo provecho de su scooter por favor lea este manual antes de usarlo.

<b>Advertencia</b>	Un uso erróneo puede provocar serias lesiones u accidentes de tránsito.
<b>Atención</b>	Un mal uso puede causar daños a su scooter
<b>Sugerencia</b>	Leer y seguir las instrucciones del presente manual de usuario para tener el vehículo en óptimas condiciones.

## 2. ADVERTENCIAS

El usuario necesita familiarizarse con el uso y funcionamiento de este vehículo antes de conducirlo. Por lo tanto, por favor siga las recomendaciones de estas advertencias.

- El usuario de este vehículo está sujeto a las mismas normas de circulación que los peatones.
- Por su seguridad, por favor siga y adhiérase las mismas leyes que los peatones.
- Circule sólo zonas peatonales y ciclo vías. Nunca circule por autopistas ni autovías.
- Tenga cuidado con el tráfico al cruzar la calle o al circular por carreteras.
- Sea extremadamente cuidadoso cuando circule con su scooter por áreas muy concurridas.
- No utilizar el scooter para subir pendientes mayores a 20 grados.
- Evitar frenados fruscos.
- Por favor, no utilice su scooter después de consumir alcohol o se encuentre bajo sustancias sujetas a fiscalización.
- Por favor, cuidado al conducir
- Antes de usar su scooter en áreas concurridas o potencialmente peligrosas familiarícese con el funcionamiento de su scooter. Practique en un área ancha y despejada, como un parque. Para evitar accidentes con su scooter mientras conduce.
- Por favor, utilice la velocidad mínima para sus prácticas.
- Asegúrese que alguien le acompaña para su seguridad cuando conduzca por primera vez.
- Use la máxima velocidad cuando este seguro de manejar y controlar su scooter.
- El scooter fue diseñado para transportar una persona al mismo tiempo. No lleve pasajeros en su scooter (niños incluidos)

- El peso máximo que puede transportar es de 199 kg. (incluyendo el ocupante y cualquier carga).
- Este scooter no está diseñado para uso todo terreno, solo puede ser utilizado en zonas urbanas.

**EL USO INADECUADO DEL SCOOTER Y/O LA FALTA DE LECTURA DE ESTE MANUAL DEL USUARIO PUEDE LLEVARTE A LESIONES CORPORALES SERIAS. EL DISEÑADOR NO SE HACE RESPONSABLE DEBIDO A LAS LESIONES CAUSADAS POR EL USO INDEBIDO POR NO SEGUIR LO EXPLICADO EN ESTE MANUAL.**

**NO EXCEDA LOS LÍMITES DE VELOCIDAD Y FRENE CAUTELOSAMENTE. UTILICE SIEMPRE LA PATA CUANDO APARQUE SU SCOOTER Y RETIRE LAS LLAVES.**

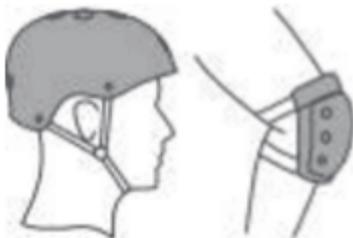
**EL SCOOTER NO ESTÁ DISEÑADO PARA SOPORTAR LLUVIAS O ESTAR EXPUESTA AL AGUA POR TIEMPOS PROLONGADOS.**

**¡Importante!**

**Este scooter eléctrico debe cargarse y guardarse de forma segura. Por motivos de seguridad y para proteger la vida útil de la batería, nunca cargue el scooter eléctrico a temperaturas inferiores a 5 °C o superiores a 45 °C. Igualmente, desconecte siempre el scooter eléctrico del cable de alimentación una vez que esté completamente cargado. Use siempre el adaptador de alimentación que se suministra para cargar el scooter eléctrico.**

### **3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Por favor, ten en cuenta que puedes perder el equilibrio, chocar o caerte cuando estás montando el scooter. Para evitar lesionarte, deberías estar familiarizado con este manual y mantener el scooter en buenas condiciones.



- Las medidas de seguridad deberían ser tomadas antes de montar el scooter, es decir, usar zapatos deportivos, casco, rodilleras, protectores para los codos, entre otros.
- NO USAR mientras llueve.

#### 4. DURANTE LA CONDUCCIÓN

No use su vehículo bajo las siguientes circunstancias:

- En superficies fangosas, con grava, llenas de baches, estrechas, nevadas, heladas, o por caminos muy cercanos a canales que no están protegidos por vallas o por setos. Manténgase alejado de lugares donde las ruedas puedan quedar bloqueadas.
- No conducir cuando está lloviendo, nevando, cuando haya niebla o fuertes vientos.
- No conduzca su vehículo haciendo maniobras peligrosas ni realice giros bruscos.
- No suba con su scooter a escaleras mecánicas.
- No use su teléfono móvil o cualquier dispositivo de comunicación inalámbrico mientras conduce.
- Apague siempre su scooter y saque la llave de contacto antes de usar un teléfono móvil.
- No cargue el teléfono móvil u otro dispositivo eléctrico desde la batería de su scooter.
- No active el modo velocidad automática cuando circule en una rampa, pendiente o se encuentre en vías con tráfico.

#### 5. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, se puede apreciar una tabla con los parámetros básicos de funcionamiento del scooter:

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
<b>Autonomía</b>	23 km
<b>Tiempo de carga</b>	5 h 41 min
<b>Velocidades Máximas</b>	
<b>Velocidad 1</b>	35 km/h
<b>Velocidad 2</b>	50 km/h

Utilice el limitador de velocidad de 35 km/h, en zonas de mucho tráfico y afluencias de peatones.

#### 6. PARÁMETROS SOBRE LA BATERÍA

A continuación, se puede apreciar una tabla con los parámetros básicos de la batería del scooter eléctrico:

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Tiempo de carga</b>	4-6 Horas

<b>Voltaje</b>	60 V
<b>Temperatura de trabajo</b>	5 °C - 45 °C
<b>Voltaje de operación</b>	48 V – 67.2 V
<b>Corriente nominal</b>	12 Ah
<b>Corriente de carga mínima</b>	4 A
<b>Corriente de descarga máxima</b>	25 A

No continuar usando cuando sucedan las siguientes condiciones:

- La batería del scooter eléctrico debería ser usada solamente de acuerdo con las leyes locales. El mantenimiento y desensamblaje de la batería debe ser llevado a cabo por profesionales.
- Olor o calentamiento excesivo; fuga de cualquier sustancia; no toques ningún componente o líquido que salga de la batería.
- No dejes que los niños o animales toquen la batería. Debes desconectar el enchufe del cargador antes de instalar la batería o montar.
- Si quieres que tu scooter eléctrico funcione eficientemente, la batería debería ser cargada y usada dentro de los rangos de temperatura indicados en la tabla de especificaciones de la batería.
- La batería contiene sustancias peligrosas. Por favor no abras la batería. No insertes nada dentro de la batería.
- Solamente usa el cargador original para cargar el scooter eléctrico.

Por favor, tenga en cuenta: Incluso si están completamente cargadas, las baterías se quedarán sin potencia si no se usa el scooter eléctrico durante un periodo prolongado de tiempo. Asegúrese de desconectar la batería antes de que estén al 100% para evitar daños a las celdas de la batería.

## **7. REVISIÓN Y MANTENIMIENTOS**

- **Mantenimiento de los cojinetes**

El scooter eléctrico dispone de cojinetes sellados y a prueba de polvo de forma que no es necesaria su lubricación. Compruebe el desgaste de los cojinetes a intervalos regulares para evitar una conducción insegura. No suba y baje y no aplique una fuerza excesiva para evitar dañar los cojinetes. Este no es un scooter deportivo.

- **Mantenimiento de las ruedas**

Compruebe el desgaste de las ruedas a intervalos regulares para evitar una conducción insegura y se aconseja revisar la presión de los neumáticos cada dos semanas aproximadamente, debe estar entre 2.5 y 3 bares. Con ello se disminuirá el riesgo de accidentes y se tendrá una frenada mucho más precisa.

- **Mantenimiento del freno**

La zapata del freno está fabricada de metal. Compruebe el desgaste de la zapata del freno a intervalos regulares para evitar una conducción insegura. No aplique una fuerza excesiva para evitar dañar el freno.

- **Mantenimiento de tornillos y otras sujeciones**

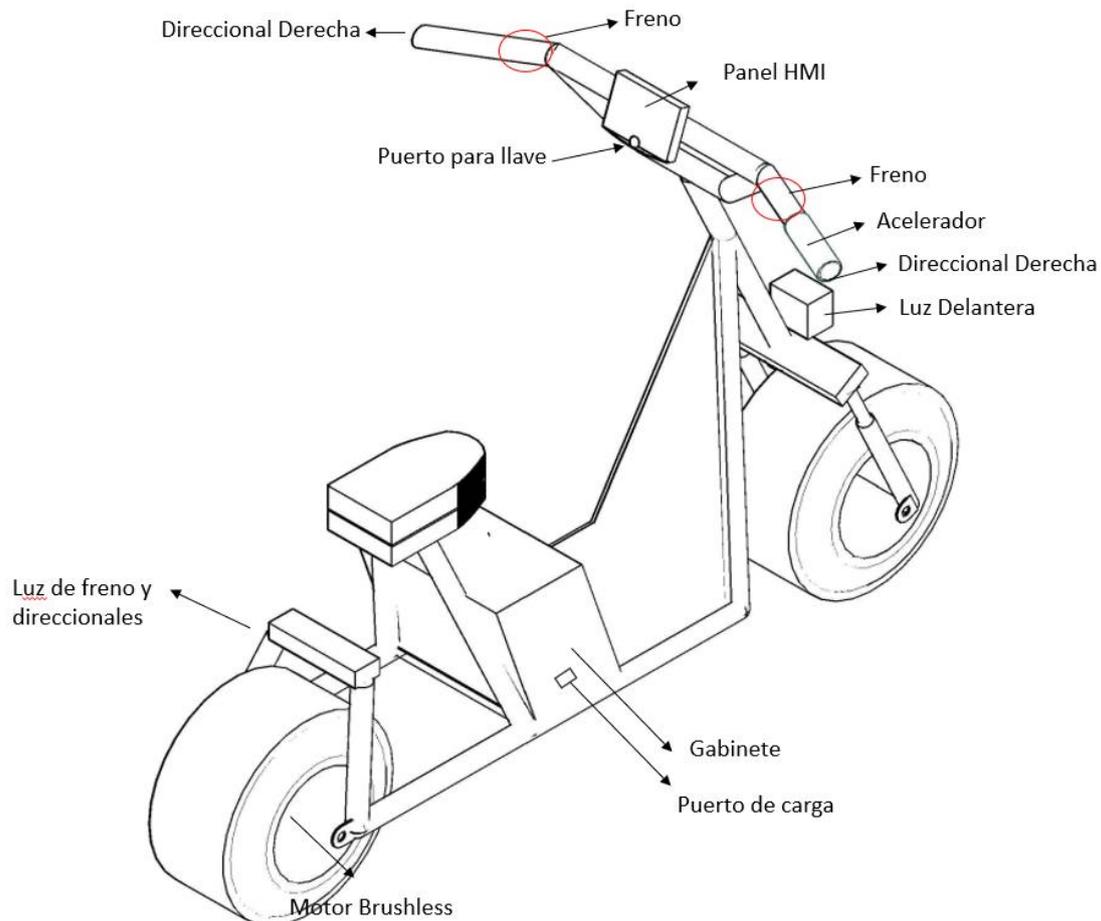
Asegúrese de que todos los tornillos están apretados debidamente para evitar situaciones peligrosas.

## **ADVERTENCIA**

Asegúrese de comprobar que el sistema de dirección está ajustado correctamente y que todos los componentes de la conexión están firmemente asegurados y no están rotos antes de conducir; remítase el montaje del manillar y a las instrucciones de seguridad.

## 8. COMO FUNCIONA EL SCOOTER ELÉCTRICO

Para conocer el funcionamiento del scooter es necesario conocer donde se encuentra cada uno de los elementos del vehículo, en la siguiente gráfica se indica los componentes del scooter.



- **Puerto para llave**

La llave de contacto actúa como interruptor de encendido del scooter. Para conectar, gire la llave en sentido de las agujas del reloj dentro su ranura y esperar aproximadamente 10 s hasta que se comuniquen los diferentes dispositivos de control.

Para desconectar, gire la llave en sentido contrario a las agujas de reloj. La pantalla de encendido debe apagarse y la llave de contacto puede ser extraída.

- **Panel HMI**

En la pantalla podemos observar la información que nos proporciona el sistema como porcentaje de batería, velocidad del scooter, estado de frenado, Hora, distancia recorrida desde el encendido, y nos permite encender las luces y elegir un modo de conducción.

- **Motor Brushless**

Se encuentra situado en la llanta trasera del vehículo, que proporciona el movimiento del vehículo.

- **Lampara delantera**

Encargada de iluminar el camino en caso de la conducción durante la noche, con la activación de la lampara delantera se activan las luces laterales que ayudan la visibilidad del vehículo ante los peatones y otros vehículos.

- **Direccionales**

Permite mostrar a los demás vehículos la intención de girar

- **Luz de freno**

Indica que el vehículo comenzó a detenerse.

- **Acelerador**

Permite la aceleración manual del scooter de manera.

- **Puerto de carga**

Conector que permite enchufar el scooter a la red eléctrica

- **Selector de velocidad**

En la parte izquierda del manubrio, existe un botón rojo con 3 posiciones, posición 1 es primera velocidad y velocidad 2 y 3 es la segunda velocidad. Seleccione la velocidad para determinar la máxima velocidad del scooter.

- **Frenos**

En el manubrio, existen frenos en la parte derecha e izquierda que permiten el frenado rápido y seguro del scooter y además deja de alimentar el motor.

- **Claxon**

Pulse el claxon para emitir el sonido. Deje de oprimir el claxon para detener el sonido.

## **9. FUNCIONAMIENTO del panel HMI (Interfaz Hombre Máquina).**

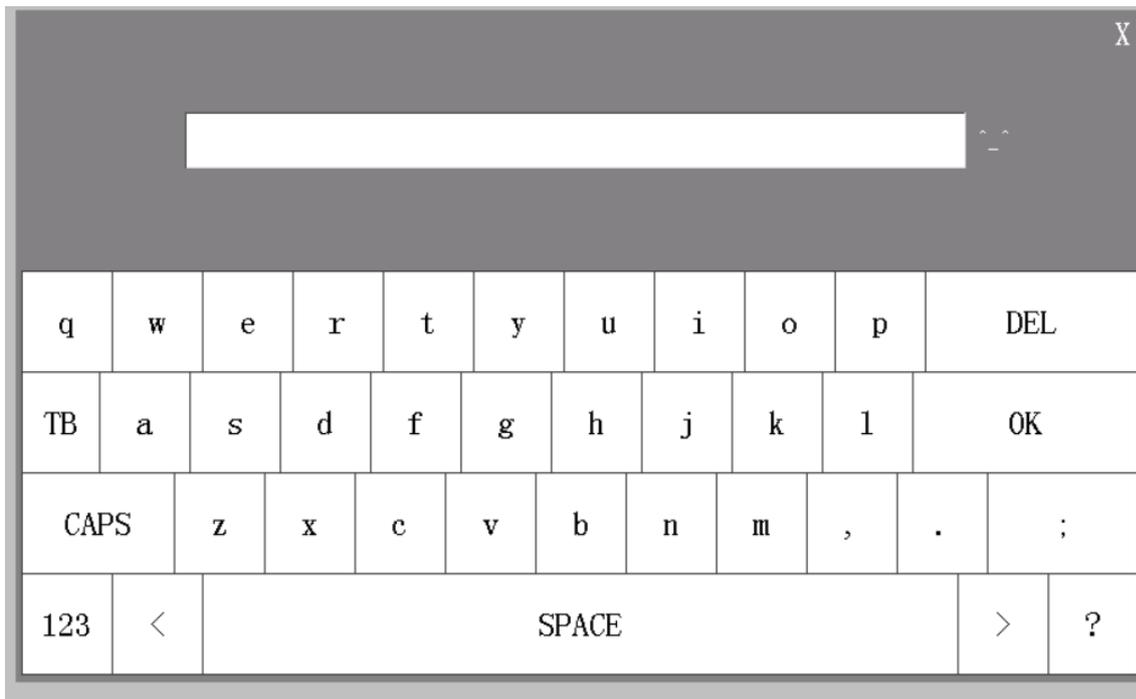
Al momento de encender el scooter, el panel HMI se iniciará con la pantalla de control de acceso, en donde deberá ingresar el usuario y el PIN de seguridad para tener acceso a la pantalla de control.

### **a. Pantalla de control de acceso**



Para introducir el usuario o el pin de seguridad, presione el espacio en blanco asignado para el usuario de igual forma con el PIN de seguridad.

Pantalla de ingreso de usuario:



Pantalla de ingreso de pin:



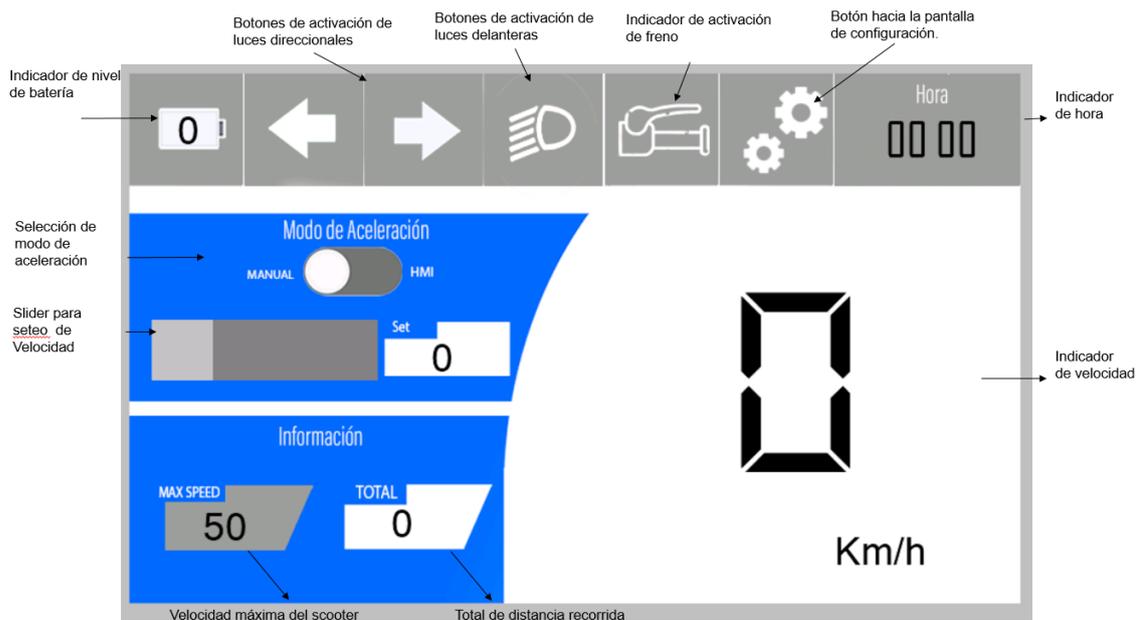
Si introduce erróneamente el usuario o pin de seguridad el sistema envía un mensaje de “Error en el usuario o contraseña”

Si se ha ingresado correctamente el usuario y el PIN al presionar el botón se ingresará a la pantalla de control

Cuando el sistema esté listo para iniciar aparece el mensaje de “OK”

b. Pantalla de control.

A continuación, se muestra los botones e indicadores de la pantalla de control.



Encontramos los siguientes elementos.

**Indicador de batería:** proporciona información del nivel de batería del scooter, se indica de manera porcentual, en un rango de 0 a 100%. Si el nivel de batería es menor a 20% el indicador se vuelve rojo, indicando que tiene de 10 a 15 minutos para que se agote la batería.

**Botones de activación de direccionales:** para activar las luces direccionales basta con presionar la direccional derecha o izquierda y se encenderán las direccionales correspondientes, y se apagarán de forma automática luego de 10 segundos.

**Botón de activación de luces:** Al presionarse, enciende la luz delantera y las luces laterales y se apaga al volver a presionarlo.

**Indicador de frenado:** Se activa al momento de presionar las manijas de freno del scooter, en caso de que los frenos queden presionados este botón se mantiene encendido y no permitirá el movimiento del scooter

**Botón de configuración:** nos dirige a la pantalla de configuración del scooter.

**Indicador de Hora:** proporciona la hora actual en formato de 24 horas.

**Modo de aceleración:** permite seleccionar desde donde se enviará la señal de velocidad.

- Modo manual: el vehículo se acelera girando la manija del acelerador.
- Modo HMI: la velocidad deseada se ingresa mediante la slider situada en la parte inferior del switch de modo de aceleración

Para cambiar de modo solamente presione el switch (manual/HMI), el sistema inicio modo manual.

Para el seteo de velocidad en modo de aceleración HMI debe mover el slider de izquierda a derecha para ingresar la velocidad deseada.

Tome en cuenta el modo de aceleración HMI el vehículo se detendrá completamente cuando se setea la una velocidad de cero o se cambie a modo manual

**Max Speed:** indica la velocidad máxima alcanzada por el scooter

**TOTAL:** Indica la distancia recorrida por el scooter desde el momento de encendido.

**Indicador de velocidad:** muestra la velocidad actual del vehículo

c. Pantalla de configuración.

La pantalla configuración nos muestra.



**Botón volver:** dirige a la pantalla de control

**Administrador de usuario:** dirige a la pantalla de administrador de usuario.

**Ajuste de brillo:** permite aumentar o disminuir el brillo de la pantalla

**Botón volver bloqueo:** nos permite bloquear el scooter nuevamente.

**Botón reset:** reinicia la distancia recorrida guardada.

d. Pantalla administradora de usuarios.

The image shows a screenshot of a web application interface titled "Administrador de Usuarios". The interface has a blue header bar with a white left-pointing arrow icon labeled "Botón volver". Below the header, the text "Nuevo Usuario" is displayed above a white input field, which is labeled "Espacio para ingresar nuevo usuario". Below that, the text "Nueva Contraseña" is displayed above another white input field, labeled "Espacio para ingresar nuevo PIN". At the bottom, there are two buttons: "Cambiar" and "Limpiar". The "Cambiar" button is labeled "Botón confirmar". In the bottom right corner, there is a logo for "UTN IBARRA - ECUADOR".

**Botón volver:** devuelve a la pantalla de control

**Nuevo usuario:** permite el ingreso de nuevo usuario.

**Nuevo PIN:** permite el ingreso de un nuevo PIN.

**Botón cambiar:** confirma los cambios realizados.

**Botón limpiar:** Borra los espacios de Nuevo usuario y contraseña.