



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: "ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO  
CHOPPER"**

**AUTORES: BYRON PAÚL LEON HINOJOSA  
JONATHAN JAVIER MORALES ALQUINGA**

**DIRECTOR: ING. HÉCTOR TERÁN**

**LATACUNGA**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER”** realizado por el señor **BYRON PAUL LEÓN HINOJOSA y JONATHAN JAVIER MORALES ALQUINGA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **BYRON PAUL LEÓN HINOJOSA y JONATHAN JAVIER MORALES ALQUINGA** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 15 de Marzo del 2017**

  
**Héctor Cochise Terán Herrera**  
**Director**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **BYRON PAUL LEÓN HINOJOSA** con cedula de ciudadanía N° 1719776963 y **JONATHAN JAVIER MORALES ALQUINGA** con cedula de ciudadanía N°1724687635, declaramos que este trabajo de titulación "**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER**" Ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente manifestamos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ella nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 14 de Marzo del 2017**

**Byron Paul León Hinojosa**  
**C.C.: 1719776963**

**Jonathan Javier Morales Alquina**  
**C.C.: 1724687635**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **BYRON PAUL LEÓN HINOJOSA** y **JONATHAN JAVIER MORALES ALQUINGA** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Publicar en el repositorio Institucional el trabajo de titulación "**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER**" cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 15 de Marzo del 2017**

**Byron Paul León Hinojosa**  
C.C.: 1719776963

**Jonathan Javier Morales Alquina**  
C.C.: 1724687635

## DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a Dios que me permitió llegar a una meta tan anhelada, por darme paciencia, perseverancia y sabiduría en los momentos más difíciles.

A mis amados padres Patricio León y Olga Hinojosa, quienes con sus consejos, regaños y apoyo incondicional hoy son parte de esta gran felicidad, por ser un gran ejemplo de amor y perseverancia.

A mi hermana Patricia León Hinojosa y mi amada sobrina Dana León, que a pesar de los enojos siempre estuvieron apoyándome en los momentos más necesarios.

A mi segunda familia Gloria León, Jorge Salas y la familia Salas Monje que con su amor y apoyo incondicional fueron parte de este gran camino.

**Byron Paul León Hinojosa**

## DEDICATORIA

Todo en esta vida ocurre gracias a la voluntad y bendiciones de Dios a lo largo de este arduo y difícil camino de llegar a cumplir una de las tantas metas que una persona se plantea en la vida, por ello quiero agradecerle por haberme guiado y colmado de bendiciones y permitirme llegar a ser lo que ahora soy.

Y como no dedicarle esta meta a mi incomparable madre María Esther Alquina, son muchas las razones para agradecerle la ayuda que día a día me brindo, llenándome de consejos, sabiduría para cumplir mis metas, agradezco también a mi padre Hugo Morales quien con sus enseñanzas y consejos me guio en el camino para llegar a ser todo un profesional, el amor de los padres hacia los hijos es un amor infinito que con nada se puede comparar, tal es el motivo que los padres son capaz de cualquier cosa por ver feliz y mejor a sus queridos hijos.

No me olvido de ti querida mamita María Laura Salazar que desde reino de Dios te encuentras mirándome, guiándome y llenándome con tu bendición en todo momento y a todo lugar a donde vaya con todo el tiempo que paso te agradezco por siempre estar conmigo y decirte lo logre llegue a cumplir la meta que tanto deseábamos, a ti Juan Aníbal Alquina que desde temprana edad siempre me guiaste en todo momento, enseñándome diversas cosas que me sirvan para cuando llegue a ser todo un profesional y con todas estas enseñanzas ponerlas en práctica en mi vida profesional.

Para culminar esta dedicatoria agradezco a toda mi familia quien estaba presente en todos los momentos que pase en esta vida de llegar a ser un profesional como mis tíos German, Olmedo, Jorge, Nancy, Tránsito, Miguel, Maruja, Nelly, y a todos mis primos que estaban conmigo en los buenos y malos momentos.

**Jonathan Javier Morales Alquina**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis amados padres ya que sin ellos no estaría alcanzando esta meta tan anhelada.

A mi tutor del proyecto de investigación ING. Héctor Terán, quien con su apoyo ha guiado y compartido sus valiosos conocimientos, al ING. Guido Torres, que con su ayuda y colaboración logramos finalmente culminar la carrera de universitaria.

A todos mis ING de la carrera de Mecánica Automotriz, que con el paso de la vida universitaria se convirtieron en grandes amigos.

A todo mi equipo de trabajo Stalin, Jonathan, Marlon e Iván Campoverde que a pesar de los grandes obstáculos en el camino supimos superarlos para ahora tener esta gran alegría.

Por último, pero no menos importante a mis compañeros con quienes formamos esa gran familia universitaria, con los cuales compartimos conocimientos, madrugadas de estudio y deberes, alegrías y tristezas.

**Byron Paul León Hinojosa**

## AGRADECIMIENTO

No cabe duda que nuestro señor Dios está en todo momento de igual manera le agradezco por haberme dado la salud y las ganas de seguir luchando adelante para cumplir mis sueños y llenándome de bendiciones espero no me desampares en esta nueva etapa de mi vida.

No cabe duda que los padres siempre están sin desfallecer y apoyando en todo momento a los hijos para no verles tropezar y caer con los golpes en la vida agradezco por ser siempre muy atentos conmigo y nunca desampararme.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga quien hace un tiempo atrás me abrió las puertas para cumplir mi sueño de estudiar en tan prestigioso establecimiento, no fue fácil el camino que me tenía la Universidad, pero con esto hoy día te doy las gracias por haberme formado de una manera humilde, profesional y ahora ser todo un buen Ingeniero.

A mis compañeros de tesis Marlon Quirola, Stalin Pasquel; Byron León quienes, a pesar de un arduo trabajo de investigación, con pequeñas diferencias, problemas que lo superamos como equipo de trabajo, también a lo largo de realizar este proyecto se conoció amistades como Ivan Campoverde quien gracias a tu ayuda y conocimientos nos impartiste para lograr la meta establecida.

También agradezco a toda la familia de la Carrera de Ingeniería Automotriz que me brindaron su amistad desde los primeros días de la vida universitaria a todos mis docentes que me llenaron de conocimientos, a mis panas que me brindaron su amistad desde el primer día Marky F, Balin P, Byron L, Marlon Q, Stephen V, Joha N, Fisico, Rubencito, Fabian A, Carlos M, Kevin P, Lilyseins G, Mishu, Tony, les doy las gracias por brindarme su amistad.

**Jonathan Javier Morales Alquina**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>

## CAPÍTULO 1

<b>MARCO METODOLÓGICO DEL "ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER" .....</b>	<b>1</b>
1. Generalidades.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	3
1.4. Justificación e importancia .....	4
1.5. Objetivos .....	5
1.5.1. Objetivo general .....	5
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
1.6. Metas.....	6
1.7. Hipótesis.....	6
1.8. Variables de investigación.....	6
1.8.1. Variable independiente:.....	6
1.8.2. Variable dependiente. ....	7
1.8.3. Operacionalización de variables.....	7

a.	Variable independiente.....	7
b.	Variable dependiente:.....	8
1.8.4.	Métodos de desarrollo del proyecto. ....	8
a.	Método deductivo .....	8
b.	Método de síntesis .....	9
c.	Método experimental.....	9
d.	Método comparativo .....	9
e.	Método de observación directa .....	9
f.	Método de medición .....	9
g.	Método de matematización. ....	10

## CAPÍTULO II

	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.	Matriz energética.....	14
2.1.	Método para la inversión de la matriz energética en el campo automotriz.....	15
2.2.	Motos eléctricas .....	15
2.3.	Clasificación de las motos.....	17
2.3.1.	Motocicletas de carretera.....	17
a.	Scooter .....	17
b.	Moto deportiva.....	18
c.	Moto turismo.....	19
d.	Moto naked.....	20
e.	Moto chopper .....	21
2.3.2.	Motos de campo .....	22
a.	Motos de cross .....	22
b.	Motos de enduro.....	23
c.	Motos de trial.....	23
2.4.	Componentes de una moto eléctrica .....	24
2.4.1.	Esquema de una moto eléctrica.....	24
2.5.	Sistema del tren motriz eléctrico .....	25
2.5.1.	Motor eléctrico .....	25
a.	Ventajas de los motores eléctricos en la industria automotriz .....	26
2.6.	Motor de corriente continua DC .....	27

2.6.1. Motor corriente continúa tipo serie .....	28
2.6.2. Motor corriente continua tipo shunt.....	29
2.6.3. Motor corriente continua tipo compound .....	30
2.6.4. Motor corriente continua tipo brushless BLDC.....	31
2.7. Baterías.....	34
2.7.1. Baterías y sus parámetros que los caracterizan .....	35
2.7.2 Tipos de baterías .....	39
a. Baterías plomo-ácido.....	39
b. Batería níquel-cadmio .....	41
c. Batería níquel-hidruro metálico.....	43
d. Batería de litio.....	45
e. Batería de polímero de litio (LiPo) .....	47
f. Batería de ion de litio (con cátodo de <i>LiCoO2</i> ).....	48
g. Acumulador de energía de Ion de litio con cátodo de <i>LiFePO4</i> .....	49
2.7.3 Comparación de prestaciones de los distintos tipos de baterías .....	50
2.8. Controladores .....	52
2.8.1. Controlador tipo multiswitching .....	52
2.8.2. Controlador de estado sólido .....	53
2.8.3. Controladores modernos y electrónicos.....	54
a. Corte por baja tensión .....	55
b. Sobre temperatura en el controlador .....	55
2.9. Fuerzas resistentes de una motocicleta.....	56
2.9.1. Fuerza de resistencia a la rodadura en una moto.....	57
a. Interacción del neumático con el suelo.....	57
b. Momento de rodadura .....	58
c. Valores empíricos para el cálculo del coeficiente de rozamiento ( $f_w$ )	59
2.9.2 Resistencia y fuerzas aerodinámicas.....	60
a. Resistencia aerodinámica al avance, DRAG FORCE (FD) .....	60
b. Características aerodinámicas de la motocicleta .....	61
2.9.3. Fuerza resistente causada por la inclinación del plano de la carretera ( $F_p$ ) .....	62
2.9.4. La potencia y las resistencias al movimiento .....	62
2.10 Relación de transmisión.....	63

### CAPÍTULO III

#### DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA.....67

3.	Predicción de prestaciones .....	67
3.1.	Requerimientos iniciales de la predicción de la motocicleta.....	67
3.2.	Análisis de la motocicleta .....	68
3.2.1.	Datos generales .....	68
3.2.2.	Análisis de resistenciasal movimiento.....	69
3.2.3.	Potencia requerida.....	74
3.3.	Selección y análisis del motor eléctrico.....	75
3.3.1.	Datos del motor seleccionado.....	77
3.4.	Selección de la relación de transmisión .....	79
3.4.1.	Cálculo para la relación de transmisión.....	80
3.4.2.	Cálculo del diámetro de la polea motriz .....	80
3.4.3.	Cálculo de la polea posterior.....	81
3.4.4.	Cálculo de la longitud de la banda o cadena .....	82
3.4.5.	Cálculo del ángulo de contacto de la banda en cada polea.....	82
3.4.6.	Cálculo de la longitud libre de la banda .....	83
3.4.7.	Selección del tipo de banda.....	84
3.4.8.	Cálculo de los dientes para las poleas.....	85
3.5.	Selección de elementos eléctricos y electrónicos y electromecánicos para el análisis.....	87
3.5.1.	Sistema de control.....	87
3.5.2.	Sistema de conexión.....	93
3.5.3.	Selección de baterías.....	95
3.6.	Ensamble e implementación del sistema de propulsión eléctrico ....	103
3.6.1.	Ensamble del tren motriz.....	103
3.6.2.	Sistema mecánico.....	104

### CAPÍTULO IV.

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBAS.....120

4.	Análisis de resultados de la moto tipo chopper .....	120
----	--	-----

4.1. Proceso de medición de voltajes y prueba de carga de cada celda de la batería .....	120
4.2. Prueba de autonomía .....	122
4.2.1. Prueba de ruta fase 1.....	123
4.2.1. Prueba de ruta fase 2 .....	124
4.2.1. Pruebas de ruta fase 3.....	125
4.3. Prueba sonara de la moto tipo chopper .....	129

## **CAPÍTULO V.**

<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>	<b>132</b>
5. Factibilidad de la investigación.....	132
5.1. Recursos naturales .....	132
5.2. Talento Humano.....	133
5.3. Recurso financiero.....	133
5.3.1. Recursos y materiales .....	133
5.3.2. Recursos tecnológicos .....	135
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>136</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Diseño y selección de un sistema de propulsión eléctrica.....	7
TABLA 2. Operacionalización de la variable dependiente .....	8
TABLA 3. Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto.....	10
TABLA 4. Comparación entre los diferentes tipos de acumuladores de energía.....	50
TABLA 5. Valores del producto cd en varios tipos de motocicletas .....	61
TABLA 6. Valores referenciales de af para motocicletas .....	61
TABLA 7. Elementos que conforman la carga .....	68
TABLA 8. Datos iniciales .....	68
TABLA 9. Recopilación de datos .....	69
TABLA 10. Coeficiente a la rodadura a diferentes velocidades .....	70
TABLA 11. Resistencia a la rodadura fw según la velocidad.....	71
TABLA 12. Resistencia de avance aerodinámico según la velocidad.....	72
TABLA 13. Parámetros de resistencia al movimiento .....	73
TABLA 14. Parámetros de potencia.....	74
TABLA 15. Comparación del motores eléctrico .....	76
TABLA 16. Matriz de selección .....	77
TABLA 17. Especificaciones high power BLDC motor.....	78
TABLA 18. Comparación entre diferentes módulos de control. ....	87
TABLA 19. Matriz de selección del controlador .....	88
TABLA 20. Especificaciones técnicas del mando de control .....	91
TABLA 21. Especificaciones de un cable AWG n° 16.....	93
TABLA 22. Especificaciones de un tipo de cable AWG n° 8.....	94
TABLA 23. Comparación entre diferentes tipos de baterías .....	95
TABLA 24. Matriz de selección .....	96
TABLA 25. Características de las baterías ni-mh .....	97
TABLA 26. Parámetros para calcular la capacidad de la batería.....	98
TABLA 27. Valores de voltaje de las baterías seleccionadas .....	100
TABLA 28. Hoja de proceso bases del motor .....	105
TABLA 29. Polea motriz.....	109
TABLA 30. Medición de las celdas del pack de baterías con carga.....	121
TABLA 31. Valores de voltaje de las celdas durante la fase 1.....	123
TABLA 32. Valores de voltaje de las celdas durante la fase 2.....	124
TABLA 33. Datos obtenidos fase 3 prueba en ciudad .....	126
TABLA 34. Niveles permitidos de ruido para fuentes móviles .....	129
TABLA 35. Datos obtenidos mediante sonómetro .....	130
TABLA 36. Recursos materiales .....	132
TABLA 37. Talento humano.....	133
TABLA 38. Gastos de materiales de tipo mecánico y electrónico.....	133
TABLA 39. Gastos de equipos tecnológicos .....	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa y efecto .....	2
Figura 2. Proyectos energéticos Ecuador .....	14
Figura 3. Moto eléctrica .....	16
Figura 4. Moto scooter .....	18
Figura 5. Moto deportiva .....	19
Figura 6. Moto turismo .....	20
Figura 7. Moto naked .....	21
Figura 8. Moto chopper .....	21
Figura 9. Moto de cross .....	22
Figura 10. Moto de enduro .....	23
Figura 11. Moto trial .....	24
Figura 12. Esquema de una moto eléctrica .....	24
Figura 13. Ubicación de componentes moto eléctrica .....	25
Figura 14. Tipos de Motores de corriente continúa .....	28
Figura 15. Motor DC tipo serie .....	29
Figura 16. Motor DC tipo shunt .....	30
Figura 17. Motor DC tipo compound .....	31
Figura 18. Funcionamiento motor BLDC .....	32
Figura 19. Acumulador de energía plomo-ácido .....	39
Figura 20. Acumulador de energía níquel-cadmio .....	41
Figura 21. Acumulador de energía de litio .....	45
Figura 22. Acumulador de energía LiPo .....	47
Figura 23. Controlador multiswitching .....	53
Figura 24. Controlador sólido .....	54
Figura 25. Controlador moderno y programable .....	55
Figura 26. Fuerzas resistentes en una moto .....	56
Figura 27. Radio efectivo de giro de la rueda .....	57
Figura 28. Geometría básica de una transmisión por bandas .....	63
Figura 29. Resistencia a la rodadura a diferentes velocidades .....	70
Figura 30. Resistencia al movimiento total en función de la velocidad .....	73
Figura 31. Potencias requeridas .....	75
Figura 32. Motor BLDC .....	78
Figura 33. Geometría básica de una transmisión por bandas .....	79
Figura 34. Guía para la selección de bandas síncronas .....	84
Figura 35. Banda sincrónica .....	85
Figura 36. Controlador HPC500H .....	89
Figura 37. Diagrama eléctrico del controlador .....	89
Figura 38. Diagrama lógico del controlador .....	90
Figura 39. Mando de control .....	90
Figura 40. Contactor .....	91
Figura 41. Interruptor moto .....	92
Figura 42. Tipos de cables .....	93

Figura 43. Baterías Ni-Mh .....	97
Figura 44. Medición de voltaje de baterías .....	99
Figura 45. Medición del voltaje de las baterías .....	101
Figura 46. Proceso de conexión entre packs .....	102
Figura 47. Intensidad de corriente para una carga lenta.....	103
Figura 48. Fijación bases motor .....	112
Figura 49. Ensamble motor eléctrico .....	112
Figura 50. Montaje motor eléctrico.....	113
Figura 51. Implementación polea conducida .....	113
Figura 52. Instalación de la banda de transmisión .....	114
Figura 53. Sistema de propulsión instalado .....	114
Figura 54. Paquete de baterías.....	117
Figura 55. Sujeción placas laterales .....	117
Figura 56. Implementación baterías.....	118
Figura 57. Instalación módulo de control .....	118
Figura 58. Módulo de control .....	119
Figura 59. Instalación correcta sistema de propulsión eléctrico.....	119
Figura 60. Medición de valore de voltaje de la batería.....	121
Figura 61. Voltaje nominal vs velocidad.....	123
Figura 62. Voltaje nominal Vs tiempo .....	124
Figura 63. Ruta de prueba fase 3 .....	125
Figura 64. Voltaje en relación a la distancia .....	128
Figura 65. Sistema de propulsión libre.....	129
Figura 66. Comparación de datos.....	131

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. ECUACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA 1 .....	36
Ecuación 2 ECUACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA 2 .....	36
Ecuación 3. ECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA BATERÍA .....	36
Ecuación 4. ECUACIÓN DEL ÍNDICE C.....	38
Ecuación 5.ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA.....	44
Ecuación 6. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL .....	45
Ecuación 7. RADIO EFECTIVO .....	57
Ecuación 8. MOMENTO DE RODADURA DEL NEUMÁTICO.....	58
Ecuación 9 RESISTENCIA A LA RODADURA DE LOS DOS NEUMÁTICOS .....	58
Ecuación 10. RESISTENCIA A LA RODADURA .....	58
Ecuación 11. FORMULA DEL PESO.....	58
Ecuación 12. FW PARA VELOCIDADES MENORES QUE 165 KM/H.....	59
Ecuación 13. FUERZA AERODINÁMICA AL AVANCE .....	60
Ecuación 14. FUERZA RESISTENTE EFECTO DE LA PENDIENTE .....	62
Ecuación 15. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA.....	62
Ecuación 16. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN .....	63
Ecuación 17.VELOCIDAD DE LA BANDA.....	64
Ecuación 18. LONGITUD DE BANDA .....	64
Ecuación 19. ÁNGULO DE CONTACTO POLEA MOTRIZ .....	65
Ecuación 20. ÁNGULO DE CONTACTO POLEA CONDUCTIDA.....	65
Ecuación 21. ESPACIO LIBRE ENTRE POLEAS.....	65
Ecuación 22 CALCULO DE NUMERO DE DIENTES .....	66
Ecuación 23. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA.....	98
Ecuación 24. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL .....	98

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló a partir del **diseño y construcción del bastidor para una moto tipo chopper**, mediante las características del bastidor antes analizado se diseñó un sistema de propulsión eléctrica basado en datos técnicos de fabricantes, como primer paso seleccionar el motor tomando en cuenta factores indispensables como: peso, potencia máxima, torque y funcionamiento que nos permitieron partir para la selección de las baterías considerando la gran demanda de pack de baterías desechadas por las casas comerciales y talleres automotrices de vehículos híbridos, se decidió tomar y analizar las baterías que se encuentran útiles estimando que las celdas no deben ser menores de 7,2 V ni tampoco superar el 20 % de tolerancia a una capacidad de 6.5 A-h, para seleccionar tres pack de baterías que cumplan con los requisitos del motor, como voltaje y amperaje del mismo. Con la ayuda del software Autodesk Inventor Professional se diseñó el sistema de relación de transmisión por banda, así adquirió un funcionamiento suave de la moto y el motor contra golpes o jalones del mal manejo de la misma, disminuye la contaminación acústica y la estancia del piloto sea agradable.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **MOTOCICLETAS - MOTORES ELÉCTRICOS**
- **BATERÍAS**
- **SISTEMA DE TRANSMISIÓN**
- **CORRIENTE CONTINÚA**
- **CARGA**

## **ABSTRACT**

The present work was developed from the design and construction of the frame for a motorcycle type chopper, by means of the characteristics of the frame previously analyzed an electrical propulsion system was designed based on technical data of manufacturers, as first step to select the motor taking in account essential factors such as: weight, maximum power, torque and operation that allowed us to start for the selection of batteries considering the high demand for battery pack discarded by the commercial house and automotive workshops of hybrid vehicles, it was decided to take and analyze the batteries that are useful estimating that the cells should not be less than 7.2 V nor exceed 20% tolerance to a capacity of 6.5 Ah, to select three battery packs that meet the requirements of the motor, such as voltage and amperage of the same. With the help of Autodesk Inventor Professional software, the transmission ratio system was designed by band, thus it acquired a smooth operation of the motorcycle and the motor against impacts or pulls of the bad handling of the same, it diminishes the noise pollution and the stay of the pilot Be nice.

### **KEYWORDS:**

- **MOTORCYCLES - ELECTRIC MOTORS**
- **BATTERIES**
- **TRANSMISSION SYSTEM**
- **CURRENT CONTINUES**
- **LOAD**

## CAPÍTULO I

### MARCO METODOLÓGICO DEL "ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER"

En este capítulo se especificó métodos, antecedentes y el problema de la investigación considerando la justificación e importancia, los objetivos a ser desarrollados en la investigación, al tomar como alternativa el uso de un sistema de propulsión eléctrica y así aportar a la reducción de la contaminación acústica, gases contaminantes y tomando en cuenta las nuevas tendencias por los motores eléctricos en el campo automotriz.

#### 1. Generalidades

##### 1.1. Antecedentes

Según (Looree, 2016) "Roberto Eugenio Gentile presenta en la Feria de los Inventos Buenos Aires, Argentina un Vehículo Biciclo Impulsado por Energía Eléctrica, capaz de desarrollar 65 km/h con una autonomía de 50 kilómetros. Gentile, continuó con el desarrollo de Motocicletas Eléctricas se obtiene una patente de invención en 1996 en Argentina y el reconocimiento de ONUDI. Tenía una autonomía reducida, y su batería una vida útil corta"

(Luis, Camilo, Melquis, & Alejandro, 2014) Manifiesta: "El vehículo aporta a la mejora de la calidad de vida de los habitantes en las ciudades, puesto que representa una buena alternativa para desplazarse de forma económica, silenciosa y no contaminante. El diseño inicia con la identificación de la necesidad y la especificación de los requerimientos de diseño.

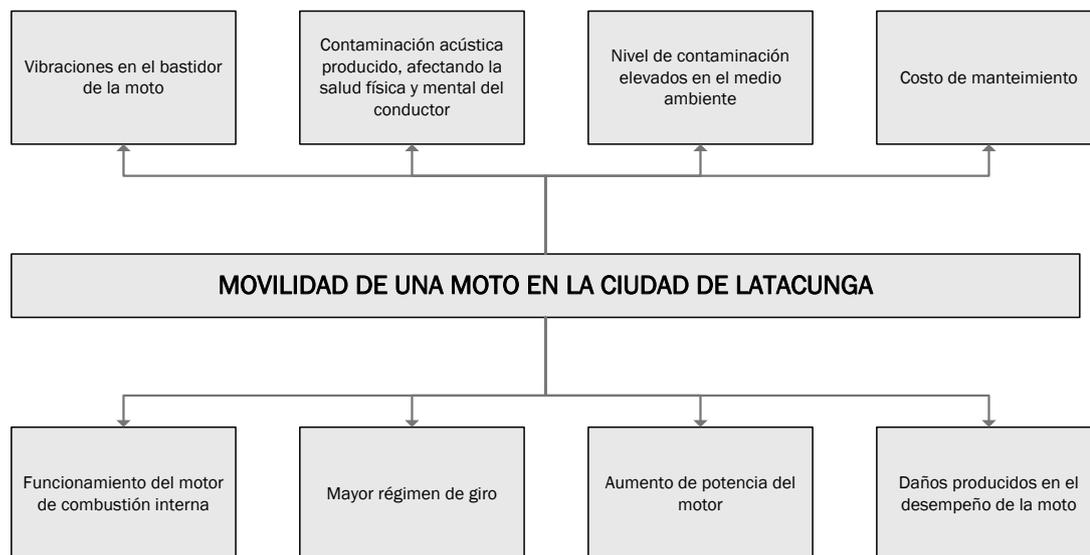
Según (Twenergy, Twenergy, 2011) "Al no usar gasolina, este tipo de motos no emiten gases tóxicos tales como óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas finas PM10, responsables de la contaminación atmosférica de las

ciudades. Su tubo de escape tampoco expulsa dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los gases responsables del efecto invernadero. Ventajas importantes tomando en cuenta que, según la Unión Europea, un 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el 70% de las de otros contaminantes atmosféricos se originan en el tráfico rodado de los núcleos urbanos.

Las motos eléctricas son además muy silenciosas. Arrancar uno de estos vehículos no emite ni un sólo decibelio. De esta forma, se evita el problema de la contaminación acústica, un problema que afecta a la calidad de vida de muchas personas que viven en las grandes ciudades”

(Ing, Mauricio, Ing, Juan, & Jhon, 2014) Manifiesta “Los vehículos eléctricos tienen un sin número de ventajas frente a los impulsados por otras formas de energía, una de las ventajas sobresalientes al emplear energías renovables es que se consigue actuar de una manera sostenible y responsable con el medioambiente, se contribuye de esta manera a enaltecer el valor fundamental en el que las sociedades actuales con consideración por el medio ambiente se están desarrollando, el Sumak Kausay o el Buen Vivir con los demás seres vivos y con el planeta tierra”

## 1.2. Planteamiento del problema



**Figura 1. Diagrama causa y efecto**

La presente investigación se la direcciono a la implementación del tren de propulsión eléctrica en lugar de los motores de combustión interna, se consideró la movilidad, factibilidad y seguridad técnica, garantizándonos las mínimas condiciones para el uso y aplicaciones en la industria automotriz.

La necesidad de los ocupantes es de disminuir la contaminación acústica para reducir daños físicos y mentales en los ocupantes, nos ha obligado a impulsar la investigación de la motocicleta mejorando la movilidad de una moto, vinculados con la energía alternativa.

### **1.3. Descripción resumida del proyecto**

En la presente investigación "Análisis e implementación de un sistema de propulsión eléctrico para una moto tipo chopper" se considerará los siguientes aspectos:

Desarrollar el proyecto a partir del diseño y construcción del bastidor para una moto tipo chopper.

En la selección del motor eléctrico se tendrá presente características como; peso, tamaño, funcionamiento y durabilidad, todo investigado desde documentos, manuales y fichas técnicas para una mejor selección.

Para energizar el motor se necesita un acumulador de energía para ello mediante; cálculos, tiempos de duración, fichas y manuales de cada acumulador de energía del cual se obtendrá el adecuado para ser instalado.

En la elección de la banda y la construcción de la relación de transmisión se tomara en cuenta los parámetros del motor tales como RPM, Potencia y peso ya que son indispensables para el buen funcionamiento del mismo.

Seleccionado estos elementos se va a realizar pruebas previas a la implementación para saber si nuestra elección fue la correcta.

Las pruebas de funcionamiento se ejecutarán con y sin carga, velocidad, tiempos de duración de los acumuladores de energía, niveles de decibeles emitidos por el funcionamiento de la motocicleta.

#### **1.4. Justificación e importancia**

(Andres, 2016) Menciona: “En el campo automotriz existe una amplia cantidad de motos y motocicletas circulando en el Ecuador, según la Agencia Nacional de Tránsito (2011) manifiesta que: alrededor de 120 000 motos son matriculadas anualmente, pero el número real podría quintuplicar esta cantidad, causando una gran cantidad de contaminación hacia el medio ambiente no solo en la emisión de los gases tóxicos también en la contaminación sonora que causan algunas motos perjudicando a las demás personas.

Con la puesta en marcha de las hidroeléctricas, Ecuador ahorrará 750 millones de dólares en 2016 y 1.200 millones de dólares en el año 2017 pues dejará de importar combustible. La provincia amazónica de Morona Santiago agregó que la producción energética le permitirá a Ecuador exportar energía a Perú y Colombia”

(Andes, 2016) Die que: “Con la puesta en funcionamiento del proyecto Coca Codo Sinclair, existirá una mayor cantidad de megavatios producidos por el Ecuador; energía eléctrica suficiente que abastecerá no solo a la región amazónica sino también a todo el país para diversos proyectos, e incluso se la exportará a los países cercanos.

El Ecuador busca el cambio de su matriz energética con varios proyectos concretos como la construcción de ocho hidroeléctricas que apunta a generar energía más limpia a través de fuentes renovables”

Con el cambio de la matriz energética, el país cuenta con suficiente energía eléctrica desde el 2017 en adelante, gracias a esto no se tendrá problemas en lo que es el funcionamiento de una moto eléctrica donde se

cuenta con suficiente energía para la carga de la batería que alimenta al motor eléctrico.

Los avances tecnológicos que se dan en el campo automotriz hacen énfasis investigar y estar al tanto de nuevas tecnologías, como a una moto generar un sistema de propulsión eléctrico, se reemplazó al motor de combustión interna y disminuye la contaminación acústica de funcionamiento, nivel de contaminación elevada, vibraciones en el bastidor de la moto y costos de mantenimiento.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Analizar e implementar un sistema de propulsión eléctrico para una moto tipo chopper.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Seleccionar el motor y acumulador considerando los requerimientos de trabajo y los espacios disponibles del bastidor.
- Diseñar y seleccionar la banda sincrónica según parámetros de funcionamiento.
- Diseñar poleas de relación de transmisión requeridas para la movilidad de la moto.
- Realizar pruebas de consumo del motor con y sin carga.
- Implementar estos componentes con su respectivo sistema de control en el bastidor de la moto eléctrica.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento y conducción bajo diferentes parámetros de trabajo para medir los niveles de decibeles emitidos por la moto.

- Optimizar recursos monetarios tales como adquisición y mantenimiento.

### **1.6. Metas**

- Desarrollar una investigación de diseño e implementación de un sistema de propulsión eléctrico para una moto tipo chopper, se mejora la movilidad, eficiencia y autonomía para disminuir la contaminación acústica emitida al conducir.

### **1.7. Hipótesis**

- El sistema de propulsión eléctrica permitirá mejorar la movilidad, eficiencia y autonomía para reducir la contaminación acústica en una moto tipo chopper.

### **1.8. Variables de investigación**

La Operacionalización de variables centra el estudio en; verificar conceptos, categorías, indicadores, ítems y tecinas de instrumentos utilizados en la investigación.

#### **1.8.1. Variable independiente:**

Diseño y selección de un sistema de propulsión eléctrico.

### 1.8.2. Variable dependiente.

Análisis de la incidencia de un sistema de propulsión eléctrico en una moto tipo chopper.

### 1.8.3. Operacionalización de variables.

#### a. Variable independiente

**TABLA 1.**

#### **Diseño y selección de un sistema de propulsión eléctrica**

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos
El diseño y selección para un sistema de propulsión eléctrico se valido con el peso del bastidor en sí, torque que necesita el motor eléctrico para vencer la inercia de la moto, la relación de transmisión para la selección de poleas dentadas y banda sincronizada.	Mecánico	Peso	N	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Torque	N.m <sup>2</sup>	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Relación de transmisión	---	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Transmisión de potencia	---	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba

**b. Variable dependiente:**

**TABLA 2.**

**Operacionalización de la variable dependiente**

Concepto	Categorías	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Propulsión eléctrica	Eléctrico	Autonomía	Ah	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Decibeles	Db	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Carga y descarga	V	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba
		Fuerza vertical	Newton	Experimental Prueba de laboratorio	Protocolo de prueba

**1.8.4. Métodos de desarrollo del proyecto.**

**a. Método deductivo**

Dado que este proyecto de investigación se enfocó en analizar la eficiencia y autonomía para reducir la contaminación acústica en una moto, se analizó dichos parámetros que se generan en la implementación del sistema de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

### **b. Método de síntesis**

Este método se aplicó en la recopilación de los datos obtenidos de las pruebas realizadas bajo la incidencia y análisis de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

### **c. Método experimental**

Se utilizó este método, puesto que, se realizó mediciones y pruebas de eficiencia, autonomía y contaminación acústica una vez con el sistema de propulsión eléctrica.

### **d. Método comparativo**

En este proyecto de investigación el método comparativo permite establecer registros de contaminación acústica y se comparó entre motos tipo chopper en condiciones normales.

### **e. Método de observación directa**

Este método permite realizar una verificación visual de las variaciones que este proyecto de investigación busca encontrar, como en la reducción de la contaminación acústica y aumentar la autonomía y la eficiencia eléctrica.

### **f. Método de medición**

A través del método de medición se propuso un protocolo de pruebas para recopilar valores al monitorear voltajes de descarga mediante el uso en

diferentes parámetros de conducción y medición de intensidad de corriente según las cargas aplicadas a la moto.

#### g. Método de matematización.

Una vez obtenidos los resultados del proyecto de investigación mediante números, se utilizó este método para justificar la eficiencia energética se considera la autonomía de la moto, también la reducción de la contaminación acústica al implementar un sistema de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

**TABLA 3. Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto**

**Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto**

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>Inductivo</b>	Se utilizó este método, ya que la investigación se realizará	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moto chopper</li> <li>• Sistema de propulsión eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de Procesos</li> </ul>
<b>Deductivo</b>	Dado que este proyecto de investigación se enfocó en analizar la eficiencia y autonomía para reducir la	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema propulsión eléctrica</li> <li>• Moto chopper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de Procesos</li> <li>• Laboratorio de motores</li> </ul>

**CONTINÚA** 

---

contaminación acústica en una moto, se analizó dichos parámetros que se generan implementación del sistema de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

---

**Síntesis**

Este método se aplicó en la recopilación de los datos obtenidos de las pruebas realizadas bajo la incidencia y análisis de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

- Sistema de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper
- Laboratorio de Procesos
- Ruta en ciudad

**Experimental**

Se utilizó este método puesto que se realizó mediciones y pruebas de eficiencia, autonomía y contaminación acústica una vez con el sistema de propulsión eléctrica

- Sistema propulsión eléctrica
- Moto chopper
- Laboratorio de Procesos
- Laboratorio de motores

**Comparativo**

En este proyecto de investigación el método comparativo permite establecer registros de

- Laptop
- Office

CONTINÚA 

---

	contaminación acústica y se comparó entre motos tipo chopper en condiciones normales		
<b>Observación Directa</b>	Este método permite realizar una verificación visual de las variaciones que este proyecto de investigación busca encontrar, como en la reducción de la contaminación acústica y aumentar la autonomía y la eficiencia eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moto tipo chopper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de Procesos</li> </ul>
<b>Medición</b>	A través del método de medición se propuso un protocolo de pruebas para recopilar valores al monitorear voltajes de descarga mediante el uso en diferentes parámetros de conducción y medición de intensidad de corriente según las cargas aplicadas a la moto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema propulsión eléctrica</li> <li>• Moto chopper Laptop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de Procesos</li> <li>• Laboratorio de motores</li> </ul>

---

---

**Matematización**

Una vez obtenidos los resultados del proyecto de investigación mediante números, se utilizó este método para justificar la eficiencia energética se consideró la autonomía de la moto, también la reducción de la contaminación acústica al implementar un sistema de propulsión eléctrica en una moto tipo chopper.

- Laptop
  - Office
-

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrolla una investigación bibliográfica en bases digitales, artículos científicos y datos técnicos que defiendan el desarrollo de la misma encaminadas a pruebas a efectuarse con equipos de tecnología de punta en el diseño de un bastidor para una moto tipo chopper.

#### 2. Matriz energética

En el país se realiza proyectos energéticos con “uno de los objetivos más ambiciosos del actual régimen fue la transformación de la matriz energética de Ecuador, que busca disminuir el consumo de productos derivados de petróleo, tener un sistema eléctrico más limpio, eficiente, confiable, y a apuntalar el cambio de la matriz productiva del país” (Abril, 2016).

Para el cumplimiento del cambio de la matriz energética, “el gobierno planificó la construcción de ocho proyectos hidroeléctricos a nivel nacional. Coca Codo Sinclair, Sopladora, Manduriacu, Delsintanisagua, Minas-San Francisco, Mazar-Dudas, Quijos y Toachi-Pilatón son megaproyectos que permitirán mejorar la matriz energética aprovechando los recursos hídricos del país” (Abril, 2016).



**Figura 2. Proyectos energéticos Ecuador**

**Fuente:** (Abril, 2016)

## **2.1. Método para la inversión de la matriz energética en el campo automotriz.**

De acuerdo con la **(Vicepresidencia de la República del Ecuador, 2015)** menciona que, “el objetivo de fomentar el uso de vehículos eléctricos y su fabricación es principalmente sustituir el uso de combustibles fósiles y reemplazarlos por energía eléctrica, aprovechando el cambio de matriz energética en el país, ya que a mediano plazo el Ecuador contará con superávit de producción eléctrica. Adicionalmente, debido al no uso de combustibles fósiles se promueve disminuir la contaminación ambiental.

### **Los principales retos de este lineamiento son:**

- Autonomía o duración de las baterías eléctricas de los vehículos.
- Red de distribución eléctrica para abastecimiento.
- Tecnología para recargas de baterías en tiempos aceptables.
- Tecnología para la reposición, disposición y desechos de las baterías consumidas de los vehículos para evitar daños ambientales”.

## **2.2. Motos eléctricas**

Twenergy, manifiesta una iniciativa de ENDESA por la eficiencia y la sostenibilidad hace conocer las motos eléctricas y sus ventajas en el campo automotriz, tal es el motivo que (Gonzales, 2011) menciona “Los vehículos eléctricos se han convertido en una buena alternativa para desplazarse en la ciudad de una forma limpia, silenciosa y no contaminante. Y si hablamos de desplazamientos cortos, las motos eléctricas se presentan como una de las mejores opciones de movilidad sostenible.

Al no usar gasolina, este tipo de motos no emiten gases tóxicos tales como óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas finas PM10, responsables de la contaminación atmosférica de las ciudades. Su tubo de escape tampoco expulsa dióxido de carbono (CO2), uno de los gases responsables del efecto invernadero. Ventajas importantes que se tiene en cuenta, según la Unión

Europea, un 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el 70% de las de otros contaminantes atmosféricos se originan en el tráfico rodado de los núcleos urbanos.

Las motos eléctricas son además muy silenciosas. Arrancar uno de estos vehículos no emite ni un sólo decibelio. De esta forma, se evita el problema de la contaminación acústica, un problema que afecta a la calidad de vida de muchas personas que viven en las grandes ciudades.

Pero esto no es todo. Además de las ventajas ambientales, una moto eléctrica nos ayuda a ahorrar dinero. Si bien el precio de compra de uno de estos vehículos sostenibles es algo mayor que los modelos de combustión, la inversión inicial se amortiza a medio plazo”.

Para comprender mejor el concepto de una moto eléctrica se presenta la siguiente imagen donde se puede notar una moto eléctrica tipo deportiva creada por la marca KTM y que presenta un adicional como se lo nota el ser una moto de tipo enchufable.



**Figura 3. Moto eléctrica**

**Fuente:** (Inma, 2013)

### **2.3. Clasificación de las motos**

Con respecto a la clasificación de las motos, (Casajús, 2001) dice que “existen diversos tipos de motocicletas, según su utilización, y su estética o apariencia, todas ellas tienen dos ruedas, pero se diferencian en distintas piezas como pueden ser: las llantas (de radios o de aleación ligera), la clase de neumáticos (de carretera, de campo o mixtos), el tipo de chasis (doble viga, multitubular, o de simple cuna) la altura al suelo de la moto, la protección contra el viento (con carenado, o sin él), o la posición de conducción (mayor o menor comodidad).

Se va a tratar de clasificar las motocicletas agrupadas en distintos segmentos, aunque debido a la diversidad siempre hay algunas que están entre un tipo y otro. A grandes rasgos se puede distinguir principalmente entre las motocicletas de CARRETERA, las de CAMPO y las de TRAIL” (p. 1,2).

#### **2.3.1. Motocicletas de carretera**

(Casajús, 2001) manifiesta que “las motocicletas de carretera son las diseñadas para circular principalmente por vías asfaltadas, y por ciudad. Se puede diferenciar en varias clases como son Deportivas, Turismo, Naked, Chopper, y Scooter” (p. 2).

##### **a. Scooter**

(Ruiz, 2017) con relación a una motocicleta tipo Scooter manifiesta que, “un scooter no es exactamente una moto, por lo general son vehículos más ligeros, con transmisión automática, de posición de conducción relajada y cómoda, que nacieron con la mítica Vespa y que están pensados para la ciudad.

Hay scooter para todo y para todos, desde pequeños de 50cc hasta grandes y rápidos de más de 800cc. En ellos te olvidas de cambiar de

marchas, sólo has de acelerar y frenar, requieren un mantenimiento más sencillo y son más limpios al ir los pies más protegidos”.



**Figura 4. Moto scooter**

**Fuente:** (Mantenimiento, 2013)

#### **b. Moto deportiva**

(Ruiz, 2017) “Las motos Súper Deportivas, Superbike o Supersport, son aquellas basadas en la competición y que son capaces de ofrecer las máximas prestaciones, con los mejores componentes y la última tecnología.

Son motos muy compactas, de poco peso y una posición de conducción radical y hasta incómoda, de semi manillares bajos y piernas muy flexionadas, pensadas por lo general para no llevar pasajero.

Cuentan con motores muy potentes, excelentes equipos de frenos y una línea afilada, agresiva y aerodinámica. Su potencial es tal que donde mejor se disfrutan es dentro de un circuito”.



**Figura 5. Moto deportiva**

Fuente: (Robledo, 2016)

### **c. Moto turismo**

(Casajús, 2001) “Son motocicletas destinadas para realizar largos recorridos por carretera. Con posiciones de conducción muy cómodas, carenados muy amplios, con la cúpula de mayores dimensiones que las anteriores, los cuales protegen muy bien del aire al conductor. Son motos con unas prestaciones inferiores a las deportivas debido a una configuración diferente con mayor peso. Dentro de este grupo hay motos que estarían más cerca del grupo anterior, con una configuración ligeramente deportiva, a este tipo de motos que es una mezcla entre el turismo y las deportivas se les denomina SPORT-TURISMO.

También dentro de este grupo se podría distinguir otro, denominado GRAN TURISMO, son motos destinadas también a recorridos largos, pero con motores que pueden tener hasta 6 cilindros, de mayor cilindrada (hasta 1800 c.c.) y con un peso más elevado pueden llegar hasta los 375kg., mucho más difíciles de maniobrar en parado, hecho por el cual alguna incorpora marcha atrás. Disponen de respaldo para el pasajero, de grandes maletas para guardar equipaje, y tienen las cúpulas o parabrisas muy elevados. Algunas llevan hasta radio, o apoyabrazos para el pasajero” (p. 2).



**Figura 6. Moto turismo**

**Fuente:** (Rodríguez, 2017)

#### **d. Moto naked**

(Ruiz, 2017) “Las motos Naked se denominan así, naked (desnudas), precisamente por eso, por llevar el motor al aire y no cubierto con un carenado como en las deportivas.

Hay mucha variedad dentro de este segmento de carretera y motos para todos los gustos, desde pequeñas de 125cc hasta grandes y potentes de más de 1000cc.

Se caracterizan por una posición de conducción cómoda, un manillar ancho, dimensiones compactas y un asiento a la altura de todas las tallas de usuarios. Son prácticas para el día a día, pero al carecer de carenado la protección aerodinámica es escasa, por lo que viajar con ellas se puede hacer especialmente incómodo”.



**Figura 7. Moto naked**

Fuente: (Livolsi, 2014)

#### **e. Moto chopper**

(Casajús, 2001) Hace una breve mención de las motos Tipo Chopper, “son motocicletas para circular con tranquilidad, con un estilo muy particular.

El fabricante por excelencia mejor identificado en este grupo es la Harley Davidson. Suelen incorporar muchas piezas metálicas y cromadas (guardabarros, llantas, tapas de motor), tienen manillares altos con la horquilla delantera muy inclinada, sillines a baja altura, reposapiés adelantados, es decir, posiciones muy cómodas, pero sin protección frente el aire, ya que no disponen de carenado alguno. Los motores de estas motos son de gran cilindrada, pero con la potencia rebajada para que se disponga de par a bajas revoluciones”.



**Figura 8. Moto chopper**

Fuente (Ruiz, 2017)

### 2.3.2. Motos de campo

(Casajús, 2001) “Son motos como su nombre indica destinadas a un uso rural, fuera de carretera (“off road”). Disponen de suspensiones de gran recorrido, llantas de radios y neumáticos de tacos. Se puede distinguir entre motos de Cross, y de Enduro” (p. 3).

#### a. Motos de cross

Con respecto a las motos de Cross (Ruiz, 2017) menciona, “las motos de Motocross tienen mucho en común con las motos Enduro, motos diseñadas para el campo, con largas y blandas suspensiones, ruedas de tacos para asegurar el agarre y asientos muy altos, pensadas para ser manejadas casi siempre de pie.

A diferencia de las Enduro las motos de Motocross no equipan luces por lo que están pensadas única y exclusivamente para campo o circuitos, sin poder ser homologadas para circular por vías públicas. Pueden tener tanto motores de 2 tiempos como motores de 4 tiempos”.



**Figura 9. Moto de cross**

Fuente: (Dirt Bike, 2011)

### **b. Motos de enduro**

(Casajús, 2001) Dice que, “también denominadas “raid”, son motos similares a las de cross, pero en este caso pueden ser matriculadas, ya que poseen iluminación. Disponen de un depósito de combustible mayor que las de cross, y unos desarrollos superiores, y generalmente motores de cuatro tiempos de mayor cilindrada.

Ambos tipos de motocicletas tienen un centro de gravedad elevado, debido a las suspensiones altas que provocan que el motor este colocado en una posición elevada, por este motivo permiten una gran auto direccionalidad ante las desviaciones en el camino por piedras” (p. 3).



**Figura 10. Moto de enduro**

**Fuente:** (Promotos, 2013)

### **c. Motos de trial**

(Casajús, 2001) “Las de TRIAL son motos muy ligeras, con una altura reducida, un ángulo de dirección cerrado (la horquilla delantera tiene poca inclinación), los neumáticos tienen los tacos muy próximos, el asiento destaca por su insignificancia, ya que normalmente este tipo de motos se maneja de pie. Tienen los desarrollos muy bajos, más incluso que las de cross.

Las motocicletas de TRAIL, también llamadas motocicletas todoterreno, son motos que tienen un uso mixto de campo y carretera, son polivalentes, aunque tienen el centro de gravedad ligeramente alto y son un poco pesadas” (p. 4).



**Figura 11. Moto trial**

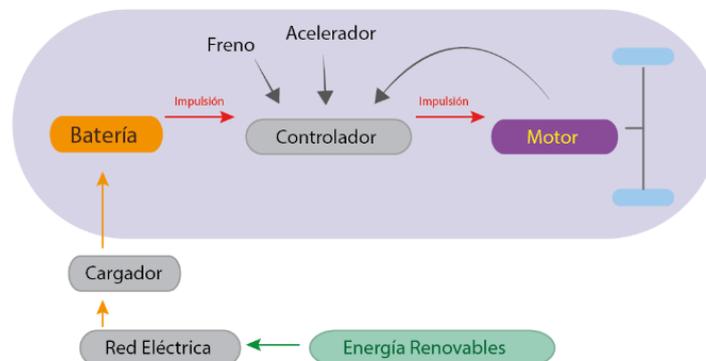
Fuente: (Trial World, 2017)

## 2.4. Componentes de una moto eléctrica

### 2.4.1. Esquema de una moto eléctrica

De una manera más comprensible del funcionamiento de una moto eléctrica y sus componentes se realiza un diagrama de flujo expuesto por los autores (Taipe & Oswaldo, 2014) donde manifiestan que “es importante conocer el diagrama de bloques de una motocicleta eléctrica, ya que se puede facilitar el trabajo de diseño y dimensionamiento” (p. 18).

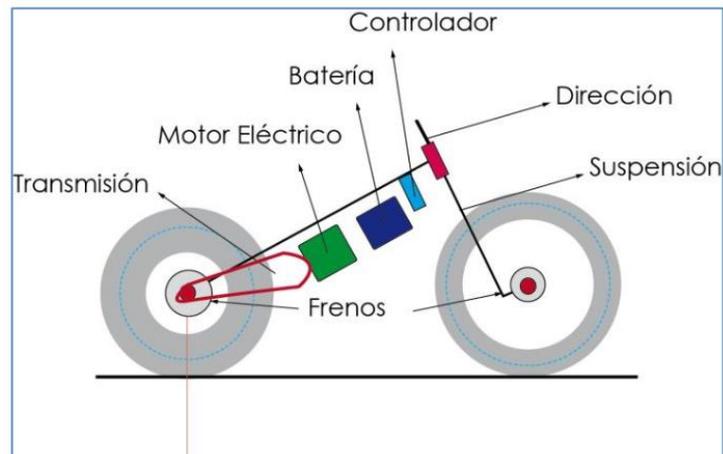
En la imagen que se presenta a continuación se observa cómo está comunicada cada uno de los componentes que conforma una moto eléctrica, logrando así una manera más fácil de entender el funcionamiento del proyecto de investigación.



**Figura 12. Esquema de una moto eléctrica**

Fuente: (Taipe & Oswaldo, 2014)

Con el diagrama de conexión presentado con anterioridad se presenta en la siguiente imagen un esquema o esqueleto de cómo está conformada y ubicado cada uno de los componentes eléctricos que son de utilidad para el funcionamiento de una moto eléctrica.



**Figura 13. Ubicación de componentes moto eléctrica**

Fuente: (Taípe & Oswaldo, 2014)

## 2.5. Sistema del tren motriz eléctrico

El sistema de propulsión eléctrico o también conocido como sistema de tren motriz eléctrico es un conjunto de componente que permiten la movilidad de una moto, (Taípe & Oswaldo, 2014) hacen referencia a esto con lo siguiente, “El tren motriz de una motocicleta es el conjunto de sistemas y elementos que permiten transformar la energía del motor, en trabajo y movimiento del vehículo.

En el diseño está conformado por: motor eléctrico, transmisión continuamente variable, y todos los elementos que el sistema necesite para su funcionamiento ideal como: baterías y circuito de control”. (p. 29 & 30)

### 2.5.1. Motor eléctrico

Para hacer referencia al concepto de un motor eléctrico, los autores (Jácome, Rómulo, & Moya Llano, 2013) citan que, “estos motores son dispositivos que transforman la energía eléctrica en mecánica, mediante

campos electromagnéticos. El motor es la parte central de las motocicletas eléctricas, existen una gran variedad de motores, de diferentes potencias y tamaños.

Los motores eléctricos tienen una eficiencia entre el 85 y 90%. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformas energía mecánica en eléctrica funcionando como generadores.

Los motores eléctricos son muy utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares.

Además, pueden ser empleados para el transporte público (trolebús y vehículos híbridos)” (p. 26)

#### **a. Ventajas de los motores eléctricos en la industria automotriz**

Los motores eléctricos en la industria automotriz presenta una serie de ventajas como a continuación (Taipe & Oswaldo, 2014) lo mencionan:

- “Bajo mantenimiento, no hay cambio de frenos de disco, cambio de aceite, cambio de agua.
- Menor costo sin incluir la batería, el costo bajo para fabricar y montar es más económico, razón por la cual habrá más fabricantes. La primera generación 2008-2010 es para la clase alta, la segunda generación 2012-2014 EV tendrá un precio similar a los autos de hoy en día, y la tercera generación tendrá un precio más bajo, la tecnología de baterías será más eficiente.
- La eficiencia de la combustión interna de motor actual está cerca de 20%, con más tecnología y más partes que pueden alcanzar el 30% a 40%.
- La eficiencia del motor eléctrico actual es de 90%, con los nuevos desarrollos será cerca de un 98%. El vehículo eléctrico, aun pesando casi 300 kg más, y por tanto viéndose obligado a realizar algo más de esfuerzo o trabajo para moverse esos 100 km de distancia, consume 3,67–3,97 veces menos que el vehículo con motor de gasolina y 3,07.
- 3,31 veces menos que el coche con motor diésel.

- Es decir, un vehículo eléctrico consume casi la cuarta parte que un vehículo de gasolina, y la tercera parte que un vehículo diésel” (p. 30 & 31).

## **2.6. Motor de corriente continua DC**

(Taipe & Oswaldo, 2014) citan que “un motor de corriente continua es un motor eléctrico que funciona con corriente directa (DC) de electricidad. Motores de corriente continua se utiliza para hacer funcionar máquinas, a menudo eliminando la necesidad de un motor de vapor local o motor de combustión interna.

Motores de corriente continua puede funcionar directamente de baterías recargables, que proporciona la energía motriz para los primeros vehículos eléctricos” (p. 31).

(Jácome et al., 2013) aporta con otro concepto acerca del tema “los motores de corriente continua pueden considerarse como motores de ajuste fino y control preciso de la velocidad, por lo que son ampliamente utilizados en aplicaciones que exigen tales características.

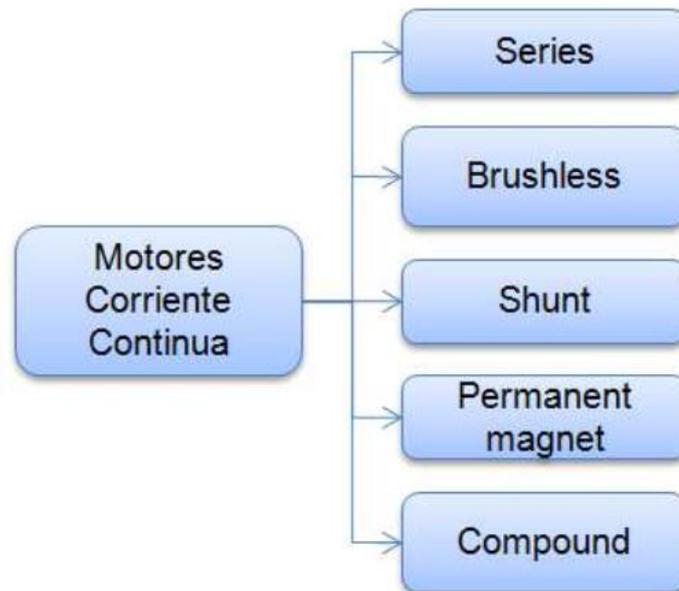
Los motores de corriente continua últimamente pasaron a constituir una alternativa más atractiva en una serie de aplicaciones, gracias al avance electrónico que ha logrado conseguir motores más eficientes y potentes en tamaños reducidos” (p. 28).

### **2.6.1 Tipos de motores de corriente continua**

(Jácome et al., 2013) “Al ser la motocicleta eléctrica un vehículo pequeño de bajo costo lo más recomendable es emplear motores de corriente continua.

No se han incluido tipos de motores particulares, pues bien, su aplicación está reducida o son empleados en casos específicos” (p. 27).

Con lo ya mencionado con anterioridad se puede decir, observar en la siguiente imagen que los motores eléctricos de corriente continua se pueden dividir en:



**Figura 14. Tipos de Motores de corriente continúa**

Fuente: (Jácome et al., 2013)

### 2.6.1. Motor corriente continúa tipo serie

(Jácome et al., 2013) en síntesis habla sobre un motor de corriente continua “es el más seleccionado para motocicletas eléctricas, porque desarrolla un gran torque en bajas revoluciones. El motor tipo Serie, adquiere el nombre porque su devanado de campo está conectado en serie con el inducido.

La corriente debe fluir a través de los devanados de campo y por la propia armadura. Como resultado, la corriente de campo y la corriente de armadura son iguales.

La mayor desventaja de este motor es la velocidad, cuando el motor está conectado y sin carga la velocidad del motor puede aumentar hasta el punto de dañar el motor.

Una ventaja de este motor es que puede invertir su sentido de giro cambiando la polaridad de la fuente, además este puede actuar como generador y puede ser utilizado para cargar las baterías” (p. 29).



**Figura 15. Motor DC tipo serie**

Fuente:(Jácome et al., 2013)

### **2.6.2. Motor corriente continua tipo shunt**

(Jácome et al., 2013) “Es de similar construcción que el motor tipo Serie, con excepción que este tiene devanados de campo y de armadura en conexión paralelo.

El motor está conectado en paralelo con el inducido, en lugar de en serie, puesto que el campo devanado se coloca en paralelo con el inducido, se llama un devanado en derivación.

El motor Shunt tiene características de funcionamiento algo diferente a los motores de tipo Serie. Posee alta resistencia eléctrica, por lo que no puede manejar una gran cantidad de corriente de excitación. Esto significa que el motor Shunt desarrolla bajo torque.

Con un bajo torque de arranque, tendrá que disminuir la carga del eje. La dirección de rotación de un motor Shunt de corriente continua puede ser invertida al cambiar la polaridad de cualquier bobina de la armadura o del campo.

El motor Shunt puede funcionar como un generador. De hecho, la mayoría de generadores son en derivación o también conocidos como Shunt” (p. 30).



**Figura 16. Motor DC tipo shunt**

Fuente: (Jácome et al., 2013)

### **2.6.3. Motor corriente continua tipo compound**

El Motor DC Tipo Compound se dice que es la unión entre los motores de tipo Shunt y Serie que al combinarse estos dos se obtiene un motor con características híbridas.

(Jácome et al., 2013) expone también “El motor de corriente continua Compound tiene mayor torque que un motor Shunt, debido a la conexión en serie en el campo. Además, tiene velocidad constante debido al devanado de campo en derivación.

La velocidad de un motor compound puede cambiar muy fácilmente mediante el ajuste de la tensión aplicada a la misma. Cada tipo de motor Compound puede invertir su sentido de giro cambiando la polaridad del devanado del inducido” (p. 31).

### Motor Tipo Compound

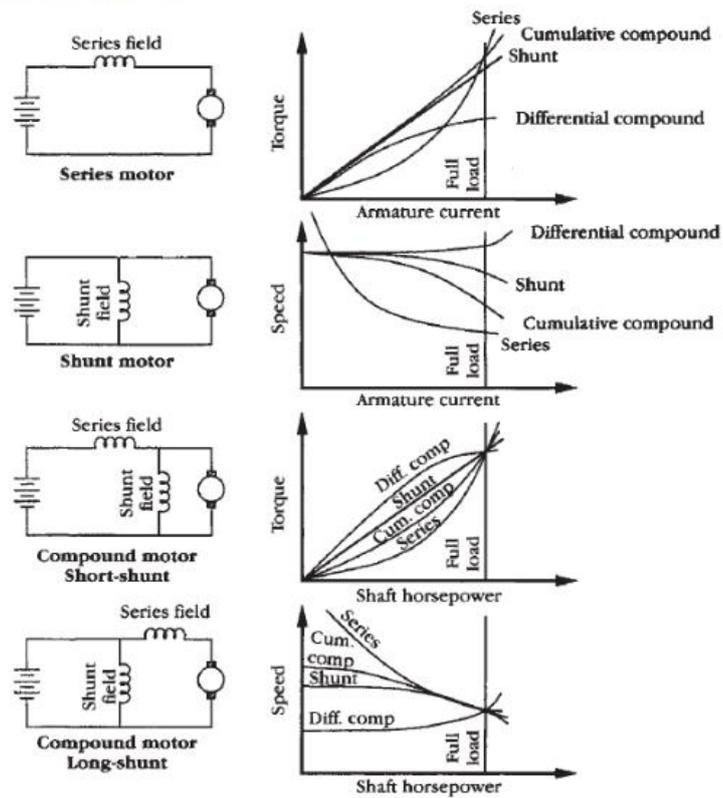


Figura 17. Motor DC tipo compound

Fuente: (Jácome et al., 2013)

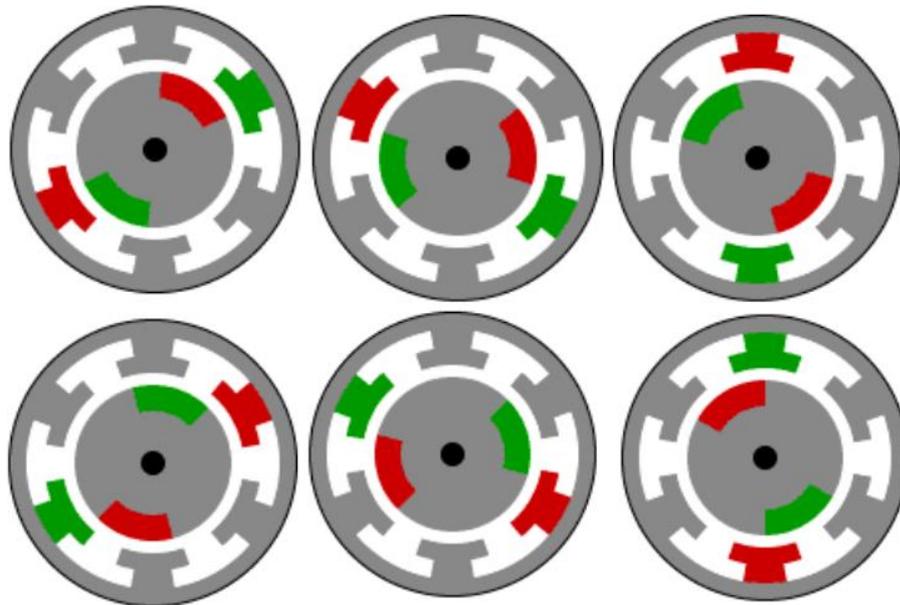
#### 2.6.4. Motor corriente continua tipo brushless BLDC

El Motor DC tipo brushless es un motor eléctrico sin escobillas por lo cual (Jácome et al., 2013) afirma que “es conocido como: imán permanente sin escobillas, de imanes permanentes motores de corriente alterna, motores síncronos de imanes etc. Esta confusión surge porque un motor DC sin escobillas no opera directamente desde una fuente de tensión de corriente continua.

(Vargas et al., s. f.) Menciona que “Un BLDC tiene un rotor con imanes permanentes y un estator con bobinado, las escobillas y el colector han sido eliminados, los devanados están conectados a la electrónica de control, dicha electrónica reemplaza la función de energizar el devanado adecuado” (p. 26).

(Vargas et al., s. f.) Expresa que “El devanado se energiza en un patrón que gira alrededor del estator. El estator devanado energizado lleva al imán del rotor, y conmuta al igual que el rotor que se alinea con el estator” (p. 26).

(Vargas et al., s. f.) Manifiesta que “Las escobillas de un motor de corriente continua tienen varias limitaciones, ruido, limitada vida del colector, limitada velocidad máxima, entre otras. Los motores BLDC son potencialmente más limpios, más rápidos, más eficientes, menos ruidosos, más fiables y no producen chispas. Sin embargo, el motor BLDC requiere control electrónico” (p. 26-27).



**Figura 18. Funcionamiento motor BLDC**

Fuente: (Jácome et al., 2013)

#### **a. Aplicaciones del motor BLDC**

Las aplicaciones para un motor BLDC según los autores (Cotte Corredor, Moreno Pineda, & others, 2010) afirman que, “se emplean en sectores industriales tales como: Automovilístico, aeroespacial, consumo, medico, equipos de automatización e instrumentación. Esto dadas sus numerosas ventajas frente a otro tipo de motores.

La principal característica de los motores BLDC es que no emplean escobillas en la conmutación para la transferencia de energía, ya que estas producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, generan calor, son ruidosos y demandan una sustitución periódica y, por tanto, un mayor mantenimiento. Algunas de las ventajas de los motores BLDC con respecto a los motores DC convencionales son:

- Mejor relación velocidad - par motor
- Mayor respuesta dinámica
- Mayor eficiencia
- Mayor vida útil
- Menor ruido
- Mayor rango de velocidad

También, la relación par-motor/tamaño es mucho mayor, por lo que son muy útiles en ambientes de trabajo con espacio reducido” (p.3).

#### **b. Tipos del motor BLDC**

En los tipos de motores BLDC inrunner (Cotte Corredor et al., 2010) sostiene que, “desarrollan mayor velocidad y suelen ser más pequeños, entregan su torque máximo a muy altas revoluciones por minuto, por lo que se usan siempre con engranajes reductores. En estos motores el elemento móvil es el eje, sobre el cual se encuentran instalados los imanes permanentes.” (p. 3).

Para los de tipo Outrunner (Cotte Corredor et al., 2010) declara que, “los motores outrunner desarrollan su torque máximo a velocidades más bajas, por lo que usualmente no necesitan reducción, y se pueden acoplar directamente a una hélice. En estos los imanes permanentes están instalados en la carcasa externa del motor, que en este caso es la que gira y el bobinado se encuentra fijado al eje” (p. 3).

Para el funcionamiento de este tipo de motores BLDC (Cotte Corredor et al., 2010) expresa que, “para manejar los motores se precisa el conocimiento de la posición del rotor en cada momento, para lo cual se utilizan

dos técnicas básicamente, de la existencia o no de sensores en el motor, lo que los divide en dos familias: con sensores (sensored) y sin sensores (sensorless)

Sensored: disponen de sensores de efecto hall o de encoders que indican la posición del rotor. Es habitual que tengan 3 sensores separados  $120^\circ$ , uno para cada bobinado del motor.

Sensorless: no tienen sensores; la posición se determina mediante la medición del efecto de la fuerza contra electromotriz sobre las bobinas” (p. 4).

## 2.7. Baterías

Se desea entender el concepto de una batería, (Piccardo & PRIETO, 2012) manifiesta que, “La batería es un componente clave en un vehículo eléctrico puro. Es la única fuente de energía en un vehículo eléctrico puro y una parte importante de un vehículo híbrido como tampón de energía. Esta consta de dos o más células que convierten la energía química en energía eléctrica” (p. 35).

(Taipe & Oswaldo, 2014) da a conocer, “Los criterios que se tiene en cuenta al elegir una batería son los siguientes:

- Cantidad de energía que esta puede almacenar.
- La densidad de Potencia que puede proporcionar.
- Su fiabilidad.
- Duración y coste” (p. 46).

(Piccardo & PRIETO, 2012) manifiesta que, “Se utiliza por lo tanto un electrodo positivo y negativo unido por un electrolito, la reacción química en la célula genera una corriente directa (DC). En células secundarias o células recargables es la reacción química reversible mediante la inversión de la corriente. Hay algunos tipos de baterías usadas en vehículos eléctricos. Todos ellos son recargables. La vida útil de una batería recargable es pronunciada en ciclos. Cada carga y descarga es un ciclo. El voltaje de la batería es

dependiente de la reacción química y el número de células que se unen en la batería” (p. 35).

### 2.7.1. Baterías y sus parámetros que los caracterizan

Para conocer cuáles son los parámetros que caracterizan a una batería, (Ordóñez, 2011) da a conocer los siguientes aspectos:

- **“Celda:** El menor elemento que forma una batería, pueden ser asociada en serie o en paralelo con otras, con el objetivo de conseguir los valores de corriente o de tensión deseados.
- **Estado de carga (SOC) %:** Expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual, respecto al cien por cien de la capacidad cuando la batería está completamente cargada.
- **Profundidad de descarga:** Relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma.
- **Tensión en vacío (E<sub>o</sub>):** La tensión que una batería tiene entre sus terminales, cuando no se cierra un circuito a través de ellos, su valor depende de la naturaleza de la química que se utilice.
- **Tensión en circuito cerrado (E):** Tensión que aparece entre los terminales de una batería cuando está conectada a una carga. Cuando una batería suministra energía a una carga, su tensión disminuye tanto o más, cuanto mayor sea la corriente de descarga.
- **Resistencia interna:** Se define como un concepto que ayuda a modelar las consecuencias eléctricas de las complejas reacciones químicas que se producen dentro de una batería.

Es imposible medir directamente la resistencia interna de una batería, pero ésta puede ser calculada mediante los datos de corriente y voltaje medidos sobre ella. Así, cuando a una batería se le aplica una carga, la resistencia interna se puede calcular mediante cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$R_B = \frac{V_S - V}{I}$$

### Ecuación 1. ECUACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA 1

**Fuente:** (Ordóñez, 2011)

$$R_B = \frac{V_S}{I} - R_L$$

### Ecuación 2 ECUACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA 2

**Fuente:** (Ordóñez, 2011)

$R_B$ : Resistencia interna de la batería.

$V_S$ : Voltaje de la batería en vacío.

$V$ : Voltaje de la batería con la carga.

$R_L$ : Resistencia de la carga.

$I$ : Intensidad suministrada por la batería.

La resistencia interna varía con la edad de la batería, pero en la mayoría de baterías comerciales la resistencia interna es del orden de 1 ohmio.

- **Capacidad:** La capacidad de una batería es la cantidad medida de amperios-hora m (Ah), que puede suministrar o aceptar una batería. El valor de la capacidad de una batería (C), se calcula como la integral de la corriente a lo largo de un determinado periodo de tiempo, esta relación se muestra en la siguiente ecuación:

$$C = \int_{t_1}^{t_2} i * dt$$

### Ecuación 3. ECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UNA BATERÍA

**Fuente:** (Ordóñez, 2011)

La ecuación es de aplicación general tanto para la descarga (capacidad extraída de la batería) como para la carga (capacidad suministrada a la batería). Aunque esta ecuación es una definición básica de capacidad, existen

diferentes definiciones de las condiciones bajo las cuales se realiza la medida de capacidad

- **Capacidad nominal:** Capacidad que puede entregar una batería desde plena carga, hasta alcanzar una tensión en descarga determinada, a una temperatura ambiente fijada y utilizando una razón de descarga específica. Por ejemplo, una batería tiene una capacidad nominal de 100 Ah, cuando descargándola desde su estado de plena carga, con una corriente constante de 20 A y a temperatura de 23°C, es capaz de mantener la tensión por encima de 1 V/celda durante al menos 5 horas.
- **Capacidad real:** Capacidad que puede entregar una batería desde su estado de plena carga y en condiciones de funcionamiento diferentes a las establecidas para definir la capacidad nominal de la batería, excepto la tensión de finalización de la descarga. La capacidad real puede ser menor o mayor que la capacidad nominal, depende de la razón de descarga utilizada y de la temperatura ambiente del entorno donde está funcionando la batería.
- **Capacidad retenida:** Capacidad conservada por la batería después de un periodo de reposo o inactividad.
- **Máxima corriente de descarga continua:** Máxima corriente que la batería puede descargar de forma continuada. Este límite viene definido por el fabricante para evitar daños o una posible reducción de la capacidad de la batería.
- **Máxima corriente en intervalos:** Corriente máxima a la que la batería puede ser descargada en intervalos de tiempo (en torno a 10 ms), límite que viene fijado por el fabricante con el fin de evitar daños y pérdidas de prestaciones. La máxima corriente por intervalos suele ser sensiblemente más alta que la máxima corriente continua.
- **Índice C:** El culombio o coulomb (símbolo C), es la unidad derivada del sistema internacional para la medida de la magnitud física “cantidad de electricidad” (carga eléctrica). Es la razón de carga o descarga expresada en amperios y hora. Con frecuencia se utilizan múltiplos y submúltiplos de este índice, para definir la magnitud de la corriente de

carga o de descarga de la batería. Se define como la cantidad de carga transportada en un segundo por una corriente de un amperio de intensidad de corriente eléctrica.

$$1C = 1 * A * s$$

#### Ecuación 4. ECUACIÓN DEL ÍNDICE C

Fuente: (Ordóñez, 2011)

- **Auto descarga:** Pérdida de capacidad de una batería, cuando se mantiene en circuito abierto. Generalmente, la auto descarga se expresa en términos de porcentaje de pérdida de capacidad, con respecto a la capacidad nominal en un periodo de tiempo de un mes.
- **Sobrecarga:** Proceso que tiene lugar cuando se continúa cargando una batería, después de que se pierde la eficiencia de las reacciones electroquímicas a la carga.
- **Energía específica:** Energía que puede almacenar una batería por unidad de peso (W-h/kg).
- **Potencia Específica:** Potencia que puede entregar una batería por unidad de peso (W/kg).
- **Vida útil:** Tiempo que la batería puede mantener sus prestaciones por encima de unos límites mínimos predeterminados. Definido también como el número de veces que la batería puede ser recargada, para recobrar su capacidad completa después de su uso.
- **Eficacia (%):** Es la fracción de energía eléctrica que devuelve la batería, en proporción a la energía que ha sido necesaria para cargarla. Cuanto más alta, mayor será su rendimiento, idealmente el 100%. También es importante que una batería mantenga su eficacia en función del tiempo de almacenamiento.
- **Tiempo de recarga normal (h):** Es el tiempo necesario para recargar completamente la batería.
- **Tiempo de recarga rápida:** Son los tiempos necesarios para recargar la batería a la mitad o al 99% de su capacidad. Este tipo de carga no está enfocado a las actuales baterías de litio, en la que su tiempo de carga ronda los 60 minutos o menos.

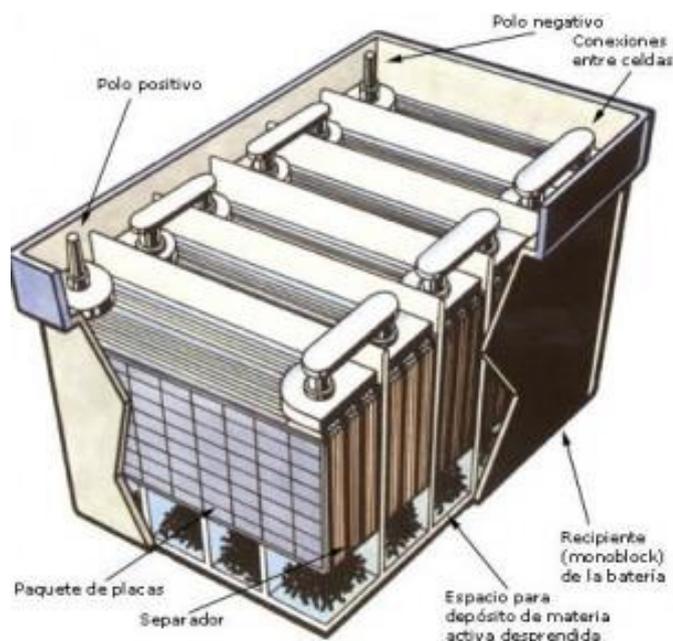
- **Descargas anormales:** Son aquella que se separa al menos un 10% de la normal teórica estimada para su curva de descarga (subjetiva a cada fabricante)” (p. 17-22)

## 2.7.2 Tipos de baterías

### a. Baterías plomo-ácido

(Ordóñez, 2011) expresa que, “Las baterías de plomo son un tipo de baterías comunes en vehículos convencionales, no híbridos. Suelen ser de 6 a 12V y están constituidas internamente por celdas de 2V. Constituyen una parte importante del mercado mundial de baterías, tanto primarias como secundarias.

Poseen una gran capacidad de descarga durante un breve periodo de tiempo, lo que las hace ideales para el arranque de motores de combustión. Su forma más conocida es la batería de automóvil. Están formadas por un depósito de ácido sulfúrico y en su interior una serie de placas de plomo dispuestas alternadamente” (p. 22).



**Figura 19. Acumulador de energía plomo-ácido**

Fuente: (Buchmann., 2003)

- **Características funcionales**

(Ordóñez, 2011) con respecto a las características funcionales manifiesta que, “Las principales características funcionales de las baterías de plomo-ácido se pueden analizar considerando las ventajas y las desventajas que presenta esta tecnología.

**Ventajas:**

- Tecnología totalmente establecida.
- Alta tensión por celda (2 V/celda) lo que permite obtener baterías de mayor tensión con un número menor de celdas conectadas en serie.
- Excelente capacidad para suministrar picos de corriente altos durante la descarga.
- Su tasa de auto-descarga mensual es de las más bajas, aproximadamente un 5%.
- Alta eficiencia, por encima del 80 por ciento.
- Facilidad de reciclado.

**Desventajas:**

- Elevado peso debido a la utilización de plomo como material activo.
- Baja energía específica menor a un 30-50 Wh/kg. Se usa para cubrir las necesidades de arranque, iluminación e ignición, ya que no son lo suficientemente grandes como para mover un vehículo.
- Corta vida cíclica (500 o 600 ciclos de carga-descarga).
- No aceptan carga rápida, por lo que se necesitan largos periodos de tiempo para la recarga.
- Baja resistencia ante sobrecargas y descargas accidentales.
- Se ven afectadas seriamente por la corrosión de sus electrodos.
- Necesidad de mantenimiento periódico” (p. 23).

## b. Batería níquel-cadmio

(Ordóñez, 2011) manifiesta que, “Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel, un ánodo de un compuesto de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización.

Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, por lo que poseen una capacidad media. Admiten sobrecargas, además de poder seguir cargadas cuando ya no admiten más carga (aunque no se almacene).

En la proximidad al estado de plena carga, se produce un aumento súbito de la tensión de la batería, provocada por un incremento de su resistencia interna, este efecto es conocido como “delta peak” y es utilizado por el cargador para evaluar el final de la carga” (p. 25).



**Figura 20. Acumulador de energía níquel-cadmio**

Fuente: (Industronic, 2017)

- **Características funcionales**

(Ordóñez, 2011) presenta algunas características funcionales “Desde el punto de vista funcional, las baterías de níquel-cadmio superan en sus prestaciones a la tecnología de plomo-ácido.

**Ventajas:**

- Tecnología muy establecida.
- Buen comportamiento en un amplio margen de temperaturas (-40°C ÷ 60°C).
- Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacenan.
- Vida cíclica larga (superior a los 1.500 ciclos, de dos a tres veces lo alcanzado por la tecnología de plomo-ácido).
- Gran robustez ante abusos eléctricos y mecánicos.
- Gran fiabilidad, no fallan de forma repentina como las baterías de plomo-ácido.

**Desventajas:**

- Precio elevado, en comparación con las baterías de plomo-ácido.
- Dentro de los componentes utilizados en la fabricación de estas baterías se encuentra el cadmio, elemento altamente contaminante y que obliga a aumentar la eficiencia en el reciclado de estas baterías, una vez que quedan fuera de servicio. En la actualidad existen técnicas para el reciclado total de este tipo de baterías y los esfuerzos encaminados en este sentido están apoyados de forma conjunta por los gobiernos y los grandes fabricantes de baterías.
- Actualmente ya no se fabrican en muchos de los países desarrollados.
- Auto descarga de un 10% mensual.
- La tensión nominal es de 1,2 V/celda, un valor bastante bajo por celda, lo que requiere la conexión en serie de un mayor número de celdas para alcanzar una determinada tensión.
- Efecto memoria muy alto.
- Sufren envejecimiento prematuro con el calor” (p. 25-26).

### c. Batería níquel-hidruro metálico

(Ordóñez, 2011) menciona que “El hidruro metálico de níquel (NiMH) se introdujo comercialmente en la última década del siglo XX. Tiene un rendimiento similar al de la batería de NiCd, la principal diferencia que en la batería de NiMH utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico, que las hacen libre de cadmio, lo que conlleva una ventaja considerable.

Estas ventajas se centran básicamente en un aumento de la capacidad, una disminución del peso y un menor efecto memoria” (p. 26).



**Figura Acumulador de energía níquel-hidruro metálico**

Fuente (Todo Productividad, 2012)

- **Características funcionales**

Para hacer referencia a las características de estos acumuladores de energía, (Ordóñez, 2011) da a conocer lo siguiente, “La tecnología de níquel-hidruro metálico tiene características eléctricas similares a la tecnología de níquel-cadmio. La tensión nominal por celda es 1,2V y las curvas de carga y descarga son bastante parecidas. Al igual que en las baterías de NiCd es el \*efecto “delta peak” el utilizado para marcar el fin de carga en las baterías.

**Ventajas:**

- Una mayor densidad energética y mayor energía específica, que el NiCd.
- Tecnología libre de cadmio (menos contaminante).
- Pueden ser cargadas con un cargador convencional.
- Seguras.
- Fácil manejo comparado con la tecnología del litio.

**Desventajas:**

- Alta razón de auto descarga, entre un 15 a un 20% por mes.
- Menor fiabilidad que las baterías Ni-Cd,
- No soportan fuertes descargas.
- Voltaje bajo de 1,2V por celda.
- Vida media de aproximadamente 300-500 ciclos de carga (en función del fabricante)
- Tiempos de carga superiores al Ni-Cd” (p. 26-27).

**Cálculo de capacidad de potencia de una batería Ni-MH**

Con respecto a estas baterías se puede obtener la potencia eléctrica de cada uno o de un conjunto de baterías mediante la siguiente ecuación:

$$P_{o\ ind} = V_{\ ndc} * Cap.\ b$$

**Ecuación 5.ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA**

**Fuente:** (Moreno Constante, Tipán, & Alfredo, 2017)

**Donde:**

$P_{o\ ind}$  = Potencia individual de la batería original

$V_{\ ndc}$  = Voltaje nominal de cada celda

$Cap.\ b$  = Capacidad de la batería

$$P_{ot} = P_{oind} * N_c$$

### Ecuación 6. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL

Fuente: (Moreno Constante et al., 2017)

#### Donde:

$P_{ot}$  = Potencia total de la batería original

$P_{oind}$  = Potencia individual de la batería original

$N_c$  = Número de celdas

#### d. Batería de litio

(Ordóñez, 2011) afirma que, “En 1990 aparecieron las baterías de níquel-metal-hidruro e ion-litio, ofreciendo mayores capacidades y menores pesos. Ambas tecnologías reclaman su superioridad sobre la otra, pero últimamente se ha hecho patente que las baterías de Ion-Litio han ganado la carrera.



**Figura 21. Acumulador de energía de litio**

Fuente: (Renobat, 2015)

Hay que recordar que el litio (Li) es el metal más ligero que existe, ya que, al tener únicamente tres protones, su peso atómico es muy bajo.

Permitiendo un gran potencial químico para crear baterías de gran capacidad con poco peso” (p. 27).

- **Características funcionales**

Los acumuladores de energía de litio presenta algunas características como lo manifiesta (Ordóñez, 2011) “El voltaje de una celda de la familia de litio oscila entre los 3.3 a 3.7 Voltios, lo que permite diseñar baterías de una única celda que se utilizan especialmente en teléfonos o aeromodelos de vuelo indoor. Recordemos que para alcanzar un voltaje similar con una batería de níquel-Cadmio sería necesario utilizar tres células conectadas en serie.

Las baterías de la familia del litio no requieren mantenimiento, cosa que no puede decirse de otras baterías. No tienen efecto memoria y no es necesario realizar un reciclado cada cierto número de cargas. Además, la ratio de auto descarga de una batería almacenada es menos de la mitad de otros tipos de batería.

**Ventajas:**

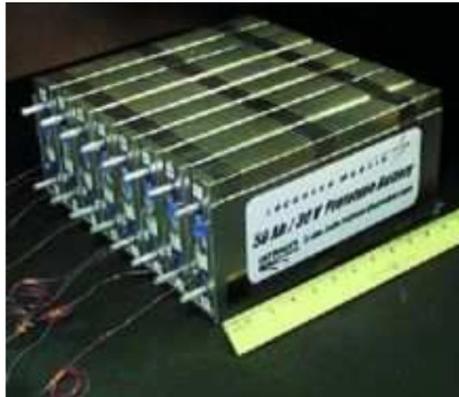
- Alta densidad de energía.
- Alta energía específica.
- Alta capacidad de descarga en algunos tipos de baterías de litio.
- No necesitan de mantenimiento.
- Sin efecto memoria.
- Bajo efecto de auto descarga.

**Desventajas:**

- Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje máximo y mínimo por celda.
- Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
- Baja capacidad de descarga en las baterías de iones de litio.
- Limitaciones en su transporte aéreo.
- Precio superior a otras baterías” (p. 29-30).

### e. Batería de polímero de litio (LiPo)

(Ordóñez, 2011) afirma que, “Desafortunadamente el polímero sólido sufre de baja conductividad debido a la alta resistencia interna, por lo que no puede ofrecer la suficiente capacidad de descarga, además de aumentar su temperatura hasta cerca de 60 grados, lo que la hace inviable para ciertas aplicaciones. Para solucionar este problema se añadió un gel al electrolito.



**Figura 22. Acumulador de energía LiPo**

Fuente: (Ordóñez, 2011)

#### **Ventajas:**

- Pueden reducirse hasta grosores de 1 milímetro.
- Pueden empaquetarse de múltiples formas.
- Alta densidad de energía.
- Poco peso.
- No necesitan mantenimiento.
- Sin efecto memoria.
- Bajo porcentaje de auto descarga.

#### **Desventajas:**

- Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje.
- Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
- Limitaciones en su transporte (compañías aéreas).
- Tecnología en desarrollo.
- Pueden explotar si se perfora” (p. 30-31).

#### f. Batería de ion de litio (con cátodo de $LiCoO_2$ )

Para explicar acerca de estos acumuladores, (Ordóñez, 2011) afirma que, “Las baterías de litio-ion con cátodo de  $LiCoO_2$ , son comunes en la electrónica de consumo. Se trata de uno de los tipos más populares de baterías recargables para dispositivos electrónicos portátiles, con la mejor relación peso energía, sin efecto memoria y una lenta pérdida de la carga cuando no están en uso” (p. 32).

(Ordóñez, 2011) menciona algunas ventajas y desventajas de estos acumuladores de energía:

##### **Ventajas:**

- “Batería con la mayor densidad energética del mercado.
- Batería con la mayor energía específica del mercado
- Alta tensión por celda 3.6-3.7v
- No posee efecto memoria.
- Tasas de auto descarga inferior al 10%.
- No está fabricada con productos tóxicos.

##### **Desventajas:**

- Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales.
- Las altas temperaturas son bastante perjudiciales para su ciclo de vida.
- Sufren el efecto de pasivación.
- Capacidad de descarga muy pequeña” (p. 32-33).

### g. Acumulador de energía de Ion de litio con cátodo de $LiFePO_4$

(Ordóñez, 2011) expresa que “Las baterías de ion de litio con cátodo de  $LiFePO_4$ , son una variación de las baterías de ion de litio con cátodo de  $LiFePO_2$ . Son normalmente conocidas por las siglas LIFE.

El fosfato de hierro litio ( $LiFePO_4$ ), posee un bajo costo, no es tóxico, tiene una alta abundancia de hierro, una excelente estabilidad térmica, buenas características de seguridad y un rendimiento electroquímico bueno. La mejora de su conductividad respecto al ion de litio con ánodo  $LiFePO_2$  se debe a la presencia de nanotubos de carbono.

Este tipo de baterías son utilizadas en productos industriales por grandes empresas como:

Black and Decker 's, DeWalt, General Motors, Chevrolet Volt, Daimler, Cessna and BAE Systems, etc.

Una ventaja clave sobre las baterías de ion de litio es su mejor estabilidad química y térmica, la cual ofrece mejores características de seguridad que el resto de baterías de litio” (p. 33).

Para explicar con respecto a las ventajas y desventajas de estos acumuladores de energía (Ordóñez, 2011) cita lo siguiente:

#### **Ventajas:**

- “Alta tensión en circuito abierto, 3,3v
- $LiFePO_4$  es un cátodo de material intrínsecamente más seguro que  $LiFePO_2$ .
- No posee efecto memoria.
- No está fabricada con productos tóxicos.
- Es la batería perteneciente a la familia del litio que mejor tolera las altas temperaturas.
- Supera los 2000 ciclos de vida.
- Vida superior a los 10 años.
- Tiempo de carga entre 15- 30 minutos.

- Buena capacidad para soporta sobrecarga
- Buena energía específica y densidad energética.
- Buena potencia específica.

#### Desventajas:

- Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales (menor tendencia al desequilibrio que el polímero de litio).
- La densidad energética en una batería  $LiFePO_4$ , es sensiblemente inferior su antecesora el ion de litio cátodo de  $LiFePO_2$ , aproximadamente en un 14%.
- Sufren el efecto de pasivación” (p. 34).

### 2.7.3 Comparación de prestaciones de los distintos tipos de baterías

(Ordóñez, 2011) en síntesis menciona que, “Estas características serán las que determinen que tipo de baterías es más adecuada en función de su uso. Recordar que este proyecto nace de la necesidad de buscar documentación para ampliar el conocimiento sobre las baterías actuales en el mercado. En concreto para su aplicación en una moto de competición eléctrica” (p. 34).

**TABLA 4.**

#### Comparación entre los diferentes tipos de acumuladores de energía

Tecnología Parámetros	Pb- ácido	Ni-Cd	Ni-MH	Li-lón [LiCoO <sub>2</sub> ]	LiFe	Li-PO
Voltaje (V/celda)	2V	1.2V	1.2V	3.6/3.7V	3.3V	3.7V
Auto descarga (%/mes)	3%-20%	10%	30%	8%	-	5%
Descarga en continua	-	10c	8c	1c	26c	20-45c

CONTINÚA →

<b>Descarga por picos</b>	-	-	-	-	52c	30-90c
<b>Mantenimiento</b>	Bueno	Malo	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
<b>Ciclos de vida</b>	500-800	1500-2000	300-500	400-1200	2000	>1000
<b>Densidad energética [Wh/l]</b>	60-75	50-150	140-300	250-360	220	300
<b>Energía Específica [Wh/kg]</b>	30-40	40-60	30-80	100-250	90-100	130-200
<b>Potencia Específica [W/kg]</b>	180	150	250-1000	250-340	3000	7100
<b>Corriente carga rápida [C]</b>	0.4	1-2	1-2	1	4	1-2
<b>Eficiencia Carg/Desca</b>	50%-92%	70%-90%	66%	80%-90%	-	99.8%
<b>Tolerancia a sobrecargas</b>	-	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Robustez a impactos</b>	Buena	M. Buena	Buena	M. Mala	Media	M. Mala
<b>Altas temperaturas</b>	Media	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Problemas de eculización</b>	No	No	No	Si	Si	Si
<b>Seguridad</b>	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	Buena
<b>Formato</b>	-	Cilíndrico	Cilíndrico	Prisma	Pris/Cilin	Prisma

## 2.8. Controladores

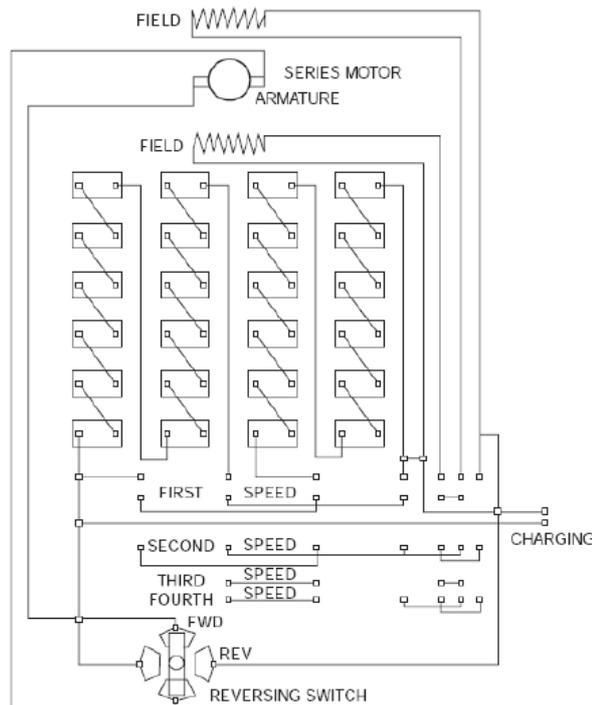
Con respecto a los módulos de control para un motor eléctrico (Jácome et al., 2013) expresa que “El controlador es uno de los componentes más importantes conjuntamente con el motor y las baterías dentro de la motocicleta eléctrica, este ha tenido una importante evolución gracias a los avances tecnológicos en electrónica logrando controladores más eficientes y pequeños.

(Jácome et al., 2013) dice que “Las funciones del controlador son la regulación de velocidad y el par del motor eléctrico. En un principio el control se logró por medio de dispositivos multiswitching.”

(Vargas et al., s. f.) “Su objetivo del controlador es limitar el arranque del motor eléctrico, ya que, este puede exigir enorme intensidad eléctrica, tanto como las baterías o la fuente de alimentación se lo permitan” (p. 31).

### 2.8.1. Controlador tipo multiswitching

(Vargas et al., s. f.) Expresa que “Este tipo de controlador es el más simple en la limitación de velocidad. El controlador Multiswitching usa filas de baterías separadas por paquetes que suministran diversas tensiones. Por ejemplo, si nos fijamos en un paquete con un total de 120 V este puede ser separado en cuatro secciones, cada sección daría una tensión independiente de 30 V, en un inicio, una sección de baterías está activada, dando 30 V, lo que limita la tensión y la corriente en el comienzo. A medida que el vehículo comienza a desplazarse, otra sección de baterías se conecta añadiendo 30 V, este paquete de cuatro secciones la Figura 23 nos indica que el controlador tiene 4 velocidades” (p. 31).



**Figura 23. Controlador multiswitching**

Fuente: (Jácome et al., 2013)

### 2.8.2. Controlador de estado sólido

En síntesis para conocer acerca de este controlador (Jácome et al., 2013) “La tecnología en controladores ha avanzado a pasos agigantados. A finales de 1960, el rectificador de silicio (SCR) y la técnica de modulación por ancho de pulso fue la que provocó el desarrollo del controlador de estado sólido (Figura 2.17). Estos productos electrónicos son usados para cambiar rápidamente de encendido a apagado para variar la velocidad del motor.

(Vargas et al., s. f.) Manifiesta que “Los SCR fueron una gran mejora, pero funciona a una frecuencia de conmutación baja, por lo general alrededor de 400 Hz, lo que creó un sonido audible. A finales de 1970, los moduladores de ancho de pulso fueron avanzando tecnológicamente en el desarrollo de controladores, principalmente de metal óxido-semiconductor (MOSFET). Esto finalmente dio un funcionamiento de forma suave y eficiente para controlar el motor” (p. 32).

(Vargas et al., s. f.) Dice que “A diferencia de los controladores de SCR, estos suelen operar en 15,000 a 18,000 Hz, así por encima del rango de audición humana. La frecuencia de conmutación más alta, crea una operación suave del motor. Esto hace que sean silenciosos, generalmente incluyen algún tipo de limitador de corriente para proteger el motor contra daños” (p 33).



**Figura 24. Controlador sólido**

Fuente: (Jácome et al., 2013)

### **2.8.3. Controladores modernos y electrónicos**

Lo más significativo para controladores modernos (Jácome et al., 2013) explica qué “Hoy en día, el controlador PWM (modulación por ancho de pulso) es típico en la mayoría de los vehículos eléctricos (Figura 2.18). Se enciende y se apaga a velocidades muy altas para controlar la rapidez con que desea ir. Se trata de un dispositivo sólido que utiliza un modulador de ancho de pulso que envía cortas ráfagas de corriente al motor en pulsos a una tasa de 15 kHz. La mayoría de los controladores tienen seguridades por ellos mismos, por ejemplo: sobre corriente y condiciones de sobrecalentamiento, reduciendo la corriente de alimentación o incluso la desconexión temporal si es necesario” (p 40-41).



**Figura 25. Controlador moderno y programable**

Fuente: (Golden Motor, 2014)

#### **a. Corte por baja tensión**

(Vargas et al., s. f.) Menciona que: “La mayoría de los controladores actualmente tienen la característica de corte por baja tensión, en algunos controladores, esta función se puede programar. Si se encuentra en una situación en la que el controlador comienza a cortar la energía, rápidamente debe encontrar un lugar seguro para parar y cargar las baterías. Si se encuentra en una situación de emergencia y el vehículo se detiene, la mayoría de baterías, si se deja pasar entre 15 a 20 minutos, volverán a la vida lo suficiente para poder rodar unos pocos kilómetros hasta conseguir un lugar seguro o una toma para poder cargarlas” (p. 34).

#### **b. Sobre temperatura en el controlador**

(Vargas et al., s. f.) Hace conocer que: “El corte de energía por sobre temperatura es una característica de todos los controladores como medida de seguridad para no quemar el controlador o peor aún, provocar un incendio eléctrico” (p. 34).

(Vargas et al., s. f.) Manifiesta que: “El controlador cambia la frecuencia cuando existe sobre temperatura de 15 a 1 kHz, proporcionando un tono audible, alertando al operador de la sobre temperatura. Al hacer esto, el

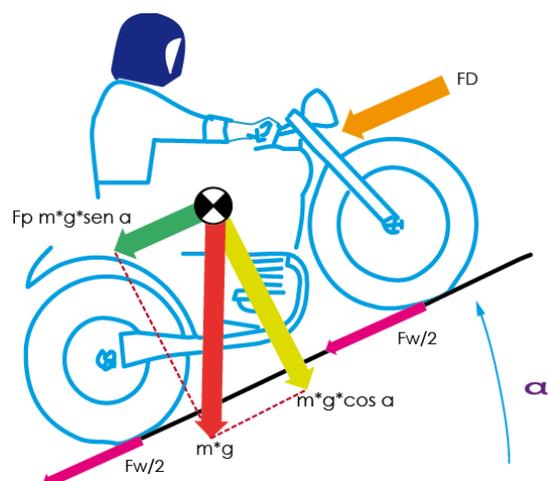
controlador reduce la potencia, haciendo que la acumulación de calor alcance límites de funcionamiento normal” (p. 34).

(Vargas et al., s. f.) Expresa que “Si la temperatura sigue aumentando debido a un enfriamiento inadecuado y alcanza un límite extremo, se apagará completamente como una característica de instinto de conservación. Si el recorte de energía por sobre temperatura se produce con frecuencia en la operación normal del vehículo, el controlador es probablemente insuficiente para la aplicación” (p. 34-35).

## 2.9. Fuerzas resistentes de una motocicleta

(Taibe & Oswaldo, 2014) expresan que: “Durante un estable estado de movimiento, la potencia producida por el motor es igual a las fuerzas que se oponen al movimiento de avance y dependen esencialmente de tres fenómenos:

- Resistencia a la rodadura ( $F_w$ )
- Resistencia aerodinámica al avance ( $F_D$ )
- La componente de la fuerza del peso causada por la inclinación del plano de rodadura ( $F_P$ )” (p. 19).



**Figura 26. Fuerzas resistentes en una moto**

Fuente: (Taibe & Oswaldo, 2014)

En la figura 26 se observa cómo actúan las fuerzas resistivas en una pendiente para una motocicleta convencional y es necesario estudiar dichas fuerzas para determinar una potencia que vencerá a las resistencias.

### 2.9.1. Fuerza de resistencia a la rodadura en una moto

#### a. Interacción del neumático con el suelo

(Taibe & Oswaldo, 2014) mencionan que: “Este estudio considera que el neumático gira alrededor de su eje, sin deslizamiento sobre una superficie plana. El radio efectivo del neumático en la figura 2.5, está definido por la relación entre la velocidad de avance para una velocidad angular” (p. 20).

$$R_o = \frac{V}{\omega}$$

#### Ecuación 7. RADIO EFECTIVO

Fuente: (Taibe & Oswaldo, 2014)

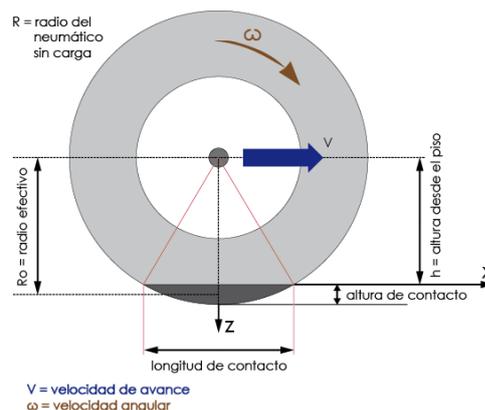


Figura 27. Radio efectivo de giro de la rueda

Fuente: (Taibe & Oswaldo, 2014)

## b. Momento de rodadura

(Taipe & Oswaldo, 2014) dice que: “Es calculado al multiplicar el valor de la fuerza por el parámetro de desplazamiento  $d$ , que se lo puede llamar parámetro de fricción de la rodadura” (p. 22).

$$M_w = N * d$$

### Ecuación 8. MOMENTO DE RODADURA DEL NEUMÁTICO

Fuente: (Taipe & Oswaldo, 2014)

(Taipe & Oswaldo, 2014) menciona que “Para mantener un movimiento constante o para dar inicio al movimiento, se debe vencer el momento a la rodadura.

La resistencia a la rodadura  $F_w$  será el resultado de sumar la resistencia de los dos neumáticos.

$$F_w = F_{wf} + F_{wr}$$

### Ecuación 9 RESISTENCIA A LA RODADURA DE LOS DOS NEUMÁTICOS

Fuente: (Taipe & Oswaldo, 2014)

**Donde:**

$F_{wf}$ : es la resistencia a la rodadura delantera

$F_{wr}$ : es la resistencia a la rodadura posterior

De forma estática la suma de las normales, van a ser igual a la fuerza del peso total de la motocicleta

$$F_w = W * f_w$$

### Ecuación 10. RESISTENCIA A LA RODADURA

Fuente: (Taipe & Oswaldo, 2014)

$$W = m * g$$

### Ecuación 11. FÓRMULA DEL PESO

**Fuente:** (Taipe & Oswaldo, 2014)

**Dónde:**

**W**, es el peso de la motocicleta [N].

**Fw**, es el coeficiente de fricción.

Los factores que van a influenciar este coeficiente de fricción son:

- El tipo de neumático, por ejemplo, si su estructura es radial o diagonal.
- Sus dimensiones.
- El tipo de terreno.
- La velocidad de avance.
- La temperatura.
- La deformación de la llanta en vista de la deformación del material.
- La ventilación de la rueda debido a la aerodinámica” (p. 22-23)

**c. Valores empíricos para el cálculo del coeficiente de rozamiento (fw)**

La realización de estos valores empíricos (Taipe & Oswaldo, 2014) manifiesta: “En 1996 Kevin Cooper propuso una fórmula que genera valores empíricos para aplicación durante la circulación de motocicletas, de acuerdo a las presiones de inflado y la velocidad del vehículo, en esta aproximación se han realizado dos fórmulas para velocidades mayores a 165 Km/h y menores, estas se muestran a continuación” (p. 24).

$$f_w = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{P} v^2$$

**Ecuación 12. FW PARA VELOCIDADES MENORES QUE 165 KM/H**

**Fuente:** (Taipe & Oswaldo, 2014)

**Dónde:**

$P$ = presión media del neumático (bar)

$V$ = velocidad de la moto (km/h)

**2.9.2 Resistencia y fuerzas aerodinámicas**

Se tiene una fuerza resistiva al momento de conducir la motocicleta, para ello se realizará el análisis de la resistencia al viento.

**a. Resistencia aerodinámica al avance, DRAG FORCE (FD)**

En el estudio de la resistencia aerodinámica (Taibe & Oswaldo, 2014) expresan que: “Es la fuerza aerodinámica que se opone al avance. Depende especialmente de la máxima velocidad alcanzada  $V$ , además tiene una relación directamente proporcional con el área frontal y el coeficiente aerodinámico.

$$FD = \frac{1}{2} * p * CD * Af * v^2$$

**Ecuación 13. FUERZA AERODINÁMICA AL AVANCE**

**Fuente:** (Taibe & Oswaldo, 2014)

**Donde:**

$\rho$ , densidad del aire, se puede tomar un valor tipo de 1.67 Kg/m<sup>3</sup> a una presión atmosférica de 987 mbar, tomados a 20 grados centígrados. (Kg/m<sup>3</sup>).

$Af$ , área frontal de la motocicleta ( $m^2$ ).

$CD$ , *drag coefficient*, coeficiente de la resistencia aerodinámica.

$V$ , velocidad en la dirección del avance (m/s)” (p. 26-27).

## b. Características aerodinámicas de la motocicleta

(Taipe & Oswaldo, 2014) enuncian que: “Como un análisis más avanzado para relacionar la forma con el área frontal se puede agrupar los dos factores: coeficiente aerodinámico y el área frontal. Así se analiza el CD y Af” (p. 28).

**TABLA 5.**

### Valores del producto cd en varios tipos de motocicletas

Producto CD	Tipos de motocicletas
0,18	Motocicletas de alta velocidad, completamente carenadas
0,7	Motocicletas sin carenado y conductor de pie
0,30 a 0,35	Motocicletas súper bike
0,22	Gran Prix o incluso valores menores
0,4 a 0,5	En turismos y sport con pequeño carenado frontal

**TABLA 6.**

### Valores referenciales de af para motocicletas

Valor Af ( $m^2$ )	Tipo
0,6 a 0,9	Motocicletas Turismo
0,4 a 0,6	Gran Turismo
0,4 a 0,5	Gran Prix
0,32	Gran Prix de 125 cc

### 2.9.3. Fuerza resistente causada por la inclinación del plano de la carretera (Fp)

Como lo menciona (Taípe & Oswaldo, 2014) “La fuerza resistente  $F_p$  causada por la pendiente del plano de la carretera, es igual a la componente de la fuerza del peso en la dirección de los ejes de la motocicleta.

$$F_p = m * g * \sin \alpha$$

#### Ecuación 14. FUERZA RESISTENTE EFECTO DE LA PENDIENTE

Fuente: (Taípe & Oswaldo, 2014)

##### Dónde:

$\alpha$  representa la inclinación del plano de la carretera (°).

$m$ , representa la masa del vehículo (kg).

$g$ , representa a la gravedad ( $m/s^2$ )” (p. 28-29).

### 2.9.4. La potencia y las resistencias al movimiento

(Taípe & Oswaldo, 2014) reiteran que: “Una motocicleta circula a una velocidad constante sobre una superficie horizontal y no horizontal en línea recta. La potencia instantánea necesaria para realizar el movimiento será igual al producto de las fuerzas resistentes por la Velocidad, así:

$$H_w = R_w * \frac{v}{3,6}$$

#### Ecuación 15. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA

Fuente: (Taípe & Oswaldo, 2014)

##### Dónde:

$H$ : es potencia instantánea (Kw).

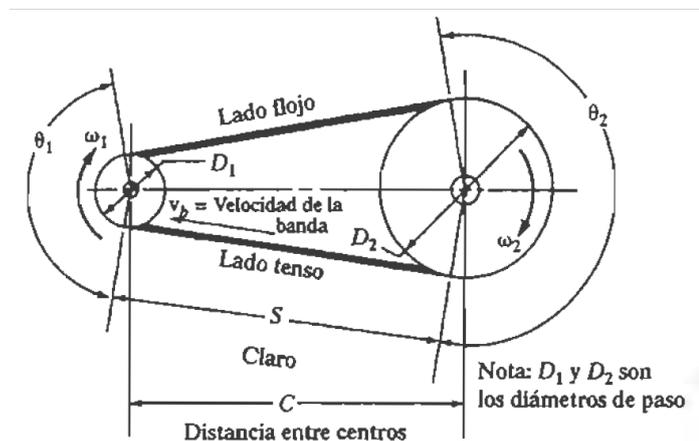
$V$ : es la velocidad de la motocicleta (Km/h).

**Rw:** es la sumatoria de los esfuerzos resistentes (N)” (p.29).

## 2.10 Relación de transmisión

(Paloma & CB, 2011) Asegura que: “Todos estos mecanismos pueden modificar el número de revoluciones del sistema, simplemente cambiando los diámetros de las poleas o el número de dientes de los engranajes.”

Con la finalidad de un mejor entendimiento de la relación de transmisión se presenta una geometría para el análisis y el cálculo de la relación de transmisión:



**Figura 28. Geometría básica de una transmisión por bandas**

Fuente: (Mott, 2006)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

### Ecuación 16. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Fuente: (Mott, 2006)

**Donde:**

$n_1$ : rpm polea motriz

$n_2$ : rpm polea conducida

$d_2$ : diámetro polea conducida

d1: diámetro polea motriz

La rapidez de la banda hace relación entre los diámetros de las poleas con sus velocidades angulares

$$vb = \frac{d1}{2} * w1 = \frac{d2}{2} * w2$$

### **Ecuación 17. VELOCIDAD DE LA BANDA**

**Fuente:** (Mott, 2006)

**Donde:**

vb: rapidez de la banda

d1: diámetro polea motriz

d2: diámetro polea conducida

w1 rapidez angular polea motriz

w2: rapidez angular polea conducida

Con la ayuda de la geometría para la relación de transmisión se desea calcular la longitud de manda mediante la fórmula:

$$L = 2C + 1,57(d2 + d1) + \frac{(d2 - d1)^2}{4C}$$

### **Ecuación 18. LONGITUD DE BANDA**

**Fuente:** (Mott, 2006)

**Donde:**

C: distancia entre centros

d2: diámetro polea conducida

d1: diámetro polea motriz

En las poleas se desea saber el ángulo de contacto que existe entre la banda y cada una de las poleas, mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_1 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{2C} \right)$$

**Ecuación 19. ÁNGULO DE CONTACTO POLEA MOTRIZ**

**Fuente:** (Mott, 2006)

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{2C} \right)$$

**Ecuación 20. ÁNGULO DE CONTACTO POLEA CONDUcida**

**Fuente:** (Mott, 2006)

**Donde:**

d1: diámetro polea motriz

d2: diámetro polea conducida

Con respecto de la geometría para una relación de transmisión se desea saber el espacio libre de banda entre cada una de las bandas de igual manera con la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{C^2 - \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2}$$

**Ecuación 21. ESPACIO LIBRE ENTRE POLEAS**

**Fuente:** (Mott, 2006)

**Donde:**

C: distancia entre centros

d1: diámetro polea motriz

d2: diámetro polea conducida

Debido que se necesita saber el número de dientes en cada una de las poleas, esto se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$z = \frac{\pi * d}{p}$$

**Ecuación 22 CÁLCULO DE NUMERO DE DIENTES**

**Fuente:**(Arrizabalaga, 1992)

**Donde:**

d: diámetro de polea

p: Módulo o paso de banda sincrónica

## **CAPÍTULO III.**

# **DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA**

En este capítulo se muestra el resultado de una búsqueda de los elementos necesarios para el diseño y selección de un sistema de propulsión eléctrica que se parte desde una moto tipo chopper, con los requerimientos de seguridad, manejo y ergonomía establecidos para este tipo de moto.

### **3. Predicción de prestaciones**

Esta predicción se realizó para la circulación en línea recta, no necesariamente horizontal.

Es indispensable calcular las fuerzas necesarias para vencer la inercia de la motocicleta.

Se presenta los parámetros de aceleración, y de conservación de energía en base a los ciclos de conducción en un perímetro establecido.

Anunciar que, a más de seleccionar un motor eléctrico y baterías adecuadas para nuestra motocicleta, la selección del sistema de transmisión es indispensable, el mismo que se ha determinado de acuerdo a las necesidades y especificaciones de la motocicleta.

#### **3.1. Requerimientos iniciales de la predicción de la motocicleta**

Este proyecto de investigación se basó en una serie de información inicial, se determinó las prestaciones de una moto tipo chopper, la cual facilita una adaptación del sistema de propulsión eléctrica.

En los datos y especificaciones técnicas, como punto inicial se tomó en

cuenta los parámetros que se señalan a continuación:

- Peso de la motocicleta
- Peso de elementos eléctricos y electrónicos
- Peso del ocupante
- Velocidad máxima
- Tipo de neumáticos

### 3.2. Análisis de la motocicleta

#### 3.2.1. Datos generales

**TABLA 7.**

**Elementos que conforman la carga**

<b>Elementos</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>Estructura</b>	220.85
<b>Propulsión</b>	25
<b>Sistema eléctrico</b>	60
<b>Peso humano</b>	75kg
<b>Total</b>	<b>380.85 kg</b>

**TABLA 8.**

**Datos iniciales**

<b>Datos</b>	<b>Valores</b>
Presión de llantas	$p = 2,1 \text{ bar}$
Coefficiente de resistencia aerodinámico	$CD = 0.5$
Área frontal de la motocicleta	$Af = 0.6m^2$

**CONTINÚA** →

Densidad del aire	$\rho a = 1,67 \frac{kg}{m^3}$
Gravedad	$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$

Se realiza el análisis de las fuerzas resistivas al movimiento del motocicleta se tiene en cuenta los datos mencionados en la tabla 8.

### 3.2.2. Análisis de resistencias al movimiento

En el análisis de resistencia al movimiento, se tiene tipos de fuerzas que se necesitan vencer: resistencia a la rodadura en la rueda posterior de la moto, resistencia de avance aerodinámico en el que se utiliza el área frontal para vencer la resistencia al viento y la resistencia a un pendiente grado de inclinación que la moto debe vencer en una subida.

#### a. Resistencia a la rodadura

La resistencia a la rodadura es el análisis que se realiza en la rueda posterior de la moto, para ello se considera los siguientes aspectos:

**TABLA 9.**

#### Recopilación de datos

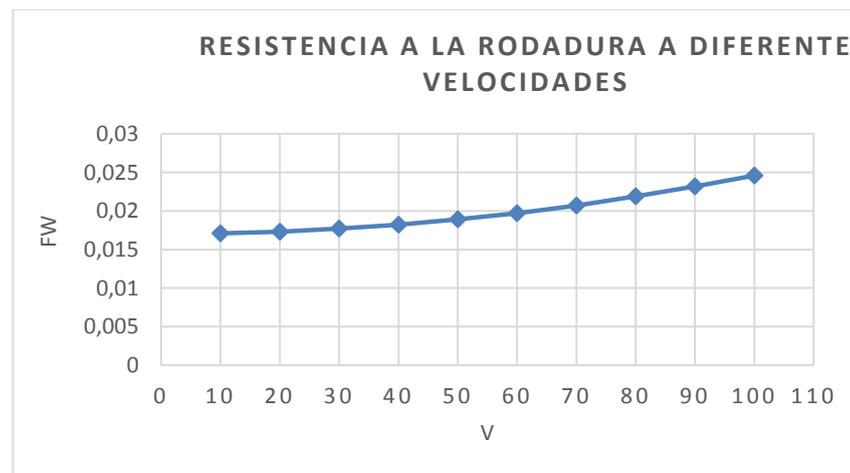
Datos	
Velocidades	(10-100) km/h
Presión de inflado del neumático posterior	2.4 bar

$$f_w = 0,0085 + \frac{0,018}{p} + \frac{1,59 \cdot 10^{-6}}{p} v^2 \quad \text{Ec. 12}$$

TABLA 10.

**Coeficiente a la rodadura a diferentes velocidades**

$v$	$fw$
10	0,0171
20	0,0173
30	0,0177
40	0,0182
50	0,0189
60	0,0197
70	0,0207
80	0,0219
90	0,0232
100	0,0246

**Figura 29. Resistencia a la rodadura a diferentes velocidades**

En la figura 29, los resultados obtenidos se nota como la resistencia a la rodadura  $fw$  aumenta progresivamente la velocidad incrementa de 0.0171 a 0.246, como mínimo 0 km/h y como máximo 100 km/h.

Con los parámetros obtenidos de la resistencia a la rodadura a diferentes velocidades se puede plantear esta resistencia en valores de Newtons mediante la siguiente ecuación.

$$Fw = w * fw \quad \text{Ec. 10}$$

Donde.

$$W = m * g \quad \text{Ec. 11}$$

$$W = 380,85 * 9,8$$

$$W = 3732,33 (N)$$

**TABLA 11.**

**Resistencia a la rodadura fw según la velocidad**

<i>v</i>	<i>fw</i>	<i>w(N)</i>	<i>Fw(N)</i>
10	0,0171	3732,33	63,822843
20	0,0173	3732,33	64,569309
30	0,0177	3732,33	66,062241
40	0,0182	3732,33	67,928406
50	0,0189	3732,33	70,541037
60	0,0197	3732,33	73,526901
70	0,0207	3732,33	77,259231
80	0,0219	3732,33	81,738027
90	0,0232	3732,33	86,590056
100	0,0246	3732,33	91,815318

En la tabla 11. Con los resultados obtenidos de la resistencia a la rodadura se interpreta que a una velocidad de 50km/h la resistencia es de 70.541037 N y a una velocidad de 100km/h la resistencia es de 91.815318 N.

#### **b. Resistencia de avance aerodinámico**

Para realizar el análisis de la resistencia aerodinámica se considera un coeficiente  $CD=0.5$ , este coeficiente esta dado para las motocicletas de turismo

en la tabla 5, de igual manera se considera el área frontal de la moto  $A_f = 0.6m^2$ , con un valor de la densidad del aire  $\rho_a = 1,67 kg/m^3$  y a diferentes velocidades, con ello se emplea la siguiente ecuación:

$$FD = \frac{1}{2} * \rho_a * CD * Af * v^2 \quad \text{Ec. 13}$$

**TABLA 12.**

**Resistencia de avance aerodinámico según la velocidad**

V (m/s)	FD (N)
2,777	1,922
5,555	7,729
8,333	17,394
11,111	30,925
13,888	48,315
27,777	193,276

Con los datos obtenidos en la tabla 12. Se observa que la resistencia aerodinámica a una velocidad de 13,88 m/s, la resistencia es de 48,315 N y a una velocidad de 27,77 m/s la resistencia es de 193,276 N.

**c. Resistencia de la pendiente**

Para hacer el análisis de la resistencia a la pendiente se debe considerar los valores de masa de la moto 380.85kg, la gravedad de  $9.8 m/s^2$  y el ángulo de la pendiente un valor de  $10^\circ$  y para ello se utiliza la ecuación:

$$Fp = m * g * \sin\alpha \quad \text{Ec. 14}$$

$$Fp = 380,85 * 9,8 * \sin(10)$$

$$Fp = 648.11 (N)$$

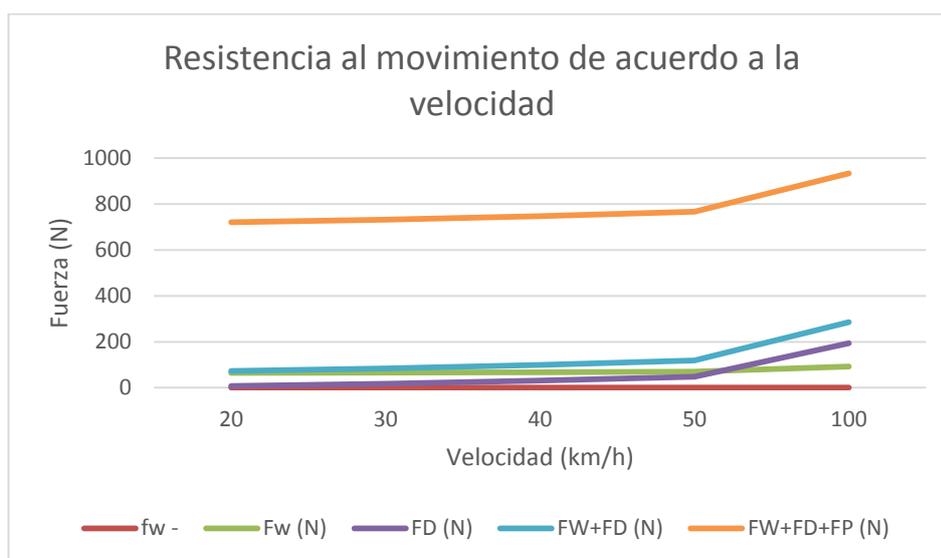
#### d. Análisis de las tres resistencias al movimiento

De acuerdo con el Art.191 de la Agencia Nacional de tránsito, se estipula que los límites máximos de velocidad para una motocicleta son de 50km/h en el sector urbano y de 100 km/h en carreteras, con ello se hace el análisis a estas dos velocidades para determinar los valores de las resistencias al movimiento que se necesita vencer con la motocicleta.

**TABLA 13.**

#### Parámetros de resistencia al movimiento

Velocidad (km/h)	fw	Fw (N)	FD (N)	FW+FD (N)	FW+FD+FP (N)
0	0,017	63,716	0	63,716	711,826
10	0,0171	63,822	1,922	65,744	713,854
20	0,0173	64,569	7,729	72,315	720,425
30	0,0177	66,062	17,394	83,456	731,566
40	0,0182	67,928	30,925	98,853	746,963
<b>50</b>	<b>0,0189</b>	<b>70,541</b>	<b>48,315</b>	<b>118,856</b>	<b>766,966</b>
<b>100</b>	<b>0,0246</b>	<b>91,815</b>	<b>193,276</b>	<b>285,091</b>	<b>933,201</b>



**Figura 30. Resistencia al movimiento total en función de la velocidad**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 30, la fuerza que se opone al movimiento se tiene que elegir el valor máximo; en este caso el valor máximo a 100km/h de 933,201 N y así lograr determinar la mínima potencia que necesita para vencer la inercia de una moto.

### 3.2.3. Potencia requerida

Con el fin de desarrollar el análisis de la potencia que requiere para vencer el punto de inercia, se emplea la ecuación 15. Que está en función de los esfuerzos resistentes al movimiento y la velocidad que se desea alcanzar.

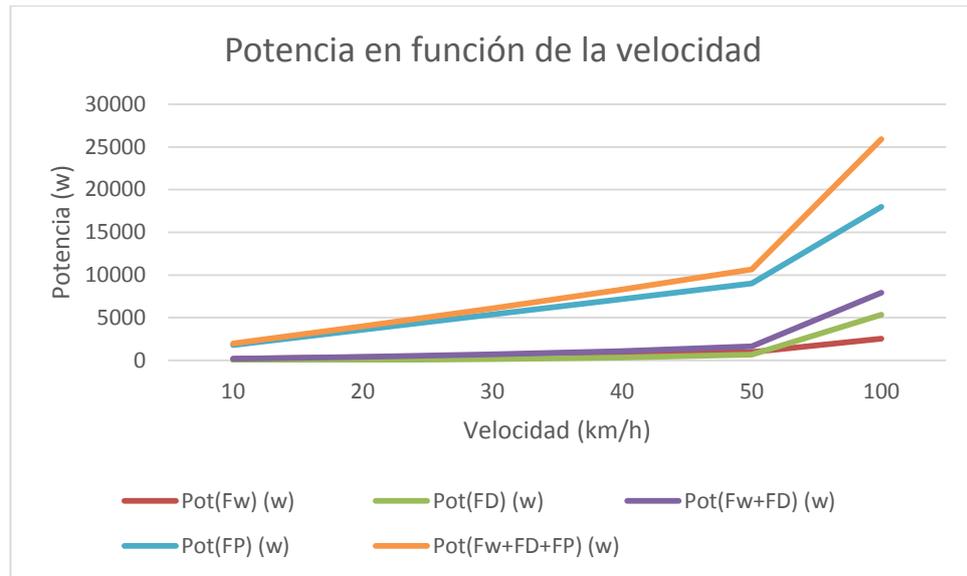
En la potencia se lo realiza con diferentes velocidades, se tuvo énfasis a 50km/h que es la velocidad máxima en el sector urbano, a 100km/h en la carretera y con un ángulo de inclinación de 10° para la ciudad de Latacunga.

$$Hw = Rw * \frac{V}{3,6} \quad \text{Ec.15}$$

**TABLA 14.**

#### Parámetros de potencia

Velocidad (km/h)	Pot(Fw) (w)	Pot(FD) (w)	Pot(Fw+FD) (w)	Pot(FP) (w)	Pot(Fw+FD+FP) (w)
0	0	0	0	0	0
10	177,283	5,338	182,621	1800,305	1982,926
20	358,716	42,938	401,654	3600,611	4002,265
30	550,516	144,95	695,466	5400,916	6096,382
40	754,755	343,611	1098,366	7201,222	8299,588
50	979,736	671,041	1650,777	9001,527	10652,304
100	2550,416	5368,777	7919,193	18003,05	25922,248



**Figura 31. Potencias requeridas**

Se observa en la figura 31. Que la potencia necesaria a diferentes velocidades es de 767N con una velocidad de 50km/h en el sector urbano, se necesita un motor eléctrico de 10652 W.

El motor eléctrico a elegirse debe presentar en sus especificaciones una potencia pico o potencia máxima superior a 10652 W para lograr mover a la moto en cualquier circunstancia deseada.

### 3.3. Selección y análisis del motor eléctrico

De acuerdo con los obtenidos en la tabla 14 de parámetros de potencia, se realiza el análisis, comparación entre diferentes tipos de motores eléctricos que existen en el mercado para la selección de uno solo que logre cumplir las necesidades requeridas.

TABLA 15.

## Comparación del motores eléctrico

<b>Modelo</b>	<b>Golden Motor</b>	<b>Mars electric</b>	<b>LMC</b>
<b>Procedencia</b>	China	China	UK
<b>Modelo</b>	HPM500	Mars 0708	LEM-200
<b>Tipo</b>	BLDC	BLDC	Brush
<b>Voltaje</b>	96V	90V	48V
<b>Corriente de fase</b>	120 A	200 <sup>a</sup>	270 A
<b>Corriente máximo de fase</b>	400 A	300 A	400 A
<b>Potencia nominal</b>	10 KW	9KW	10 KW
<b>Potencia pico</b>	15 KW	12KW	12.5 KW
<b>Torque nominal</b>	60 Nm	50Nm	40 Nm
<b>Torque pico</b>	70 Nm	Nd	50 Nm
<b>Eficiencia</b>	96%	90%	83%
<b>Mantenimiento</b>	Libre	Libre	Cambio de carbonillos
<b>Disponibilidad</b>	Inmediata	Inmediata	Inmediata
<b>Peso</b>	20kg	25kg	Nd
<b>Resistencia agentes externos</b>	Si cubierta de aluminio	Si cubierta de aluminio	Si cubierta de aluminio
<b>Refrigeración</b>	Aire	Aire	Aire
<b>Diámetro</b>	250 mm	240 mm	Nd
<b>Longitud</b>	200 mm	210 mm	Nd
<b>Precio in importación</b>	960	1200	1662,69

CONTINÚA →

Imagen



FUENTE: (Golden Motor, 2014)

TABLA 16.

Matriz de selección

Criterio de evaluación	Ponderación	Golden Motor	Mars Electric LLC	LMC
<b>Geometría</b>	0,1	8	6	5
<b>Potencia</b>	0,4	10	8	7
<b>Torque</b>	0,3	7	5	8
<b>Resistencia agentes externos</b>	0,05	5	7	3
<b>Peso</b>	0,1	8	8	5
<b>Precio</b>	0,05	9	7	2
<b>Resultado</b>	<b>1</b>	<b>8,4</b>	<b>6,8</b>	<b>6,45</b>

### 3.3.1. Datos del motor seleccionado

High Power BLDC Motor es uno de los motores más eficientes en el mercado que nos proporcionan una velocidad y torque excepcional, estos motores trabajan con escobillas que se conmutan electrónicamente, se puede encontrar con sensores y sin sensores son motores que trabajan con bobinas trifásicas.

En la selección del motor eléctrico se tuvo en cuenta la tabla 14 parámetros de potencia calculada que es de 10652 W a 50 Km/h, se debe tomaren cuenta las dimensiones y prestaciones de un motor.

TABLA 17.

## Especificaciones high power BLDC motor

<b>Voltaje</b>	<b>96 V</b>
<b>Potencia nominal</b>	<b>10 KW</b>
<b>Eficiencia</b>	<b>91%</b>
<b>Resistencia de fase (Milliohm)</b>	3.1/48v; 6.0/72V; 18.0/120V
<b>Inducción de fase (100KHZ)</b>	34uH/48V; 77uH/72V; 252uH/120v
<b>velocidad</b>	2000-6000rpm (Programable)
<b>Peso</b>	17Kgs
<b>Caja</b>	Aluminio
<b>Longitud (altura)</b>	170mm
<b>Diámetro</b>	206mm
<b>Chaveta</b>	6,4mm x 45mm



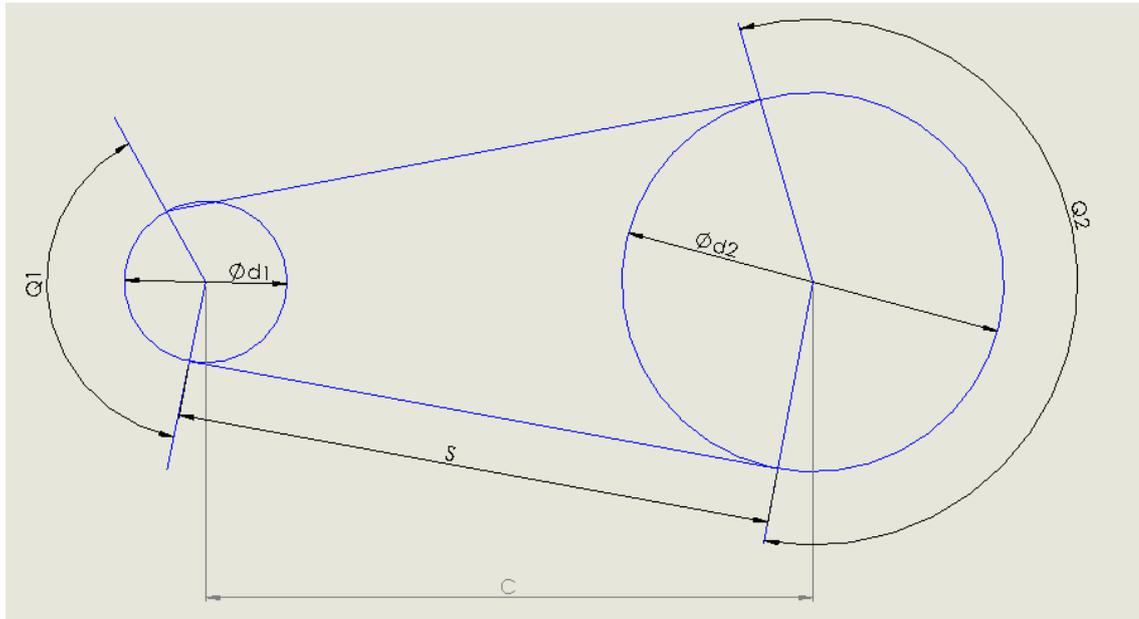
Figura 32. Motor BLDC

FUENTE: (Golden Motor, 2014)

De acuerdo al apéndice N° 1, se muestra que la potencia del motor varía según pruebas realizadas por el fabricante, con esos valores se determina que el motor seleccionado cumple con requerimientos necesarios ya que la tabla 17, indica que la potencia es 625,18 w a 56,6% de eficiencia y 15377,01 W a 96% de eficiencia.

### 3.4. Selección de la relación de transmisión

De acuerdo con la geometría de la relación de transmisión expuesta en el libro de Diseño de Elementos Robert Mott se realiza un diagrama para partir con el análisis.



**Figura 33. Geometría básica de una transmisión por bandas**

**Donde:**

$\theta_1 = \text{ángulo de contacto polea motriz}$

$\theta_2 = \text{ángulo de contacto polea conducida}$

$C = \text{distancia entre centros}$

$S = \text{longitud libre de la banda}$

Para tal efecto de realizar el cálculo de la relación de transmisión se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

**Datos:**

$$n1 = 6000 \text{ rpm}$$

$$v = 120 \text{ km/h}$$

$$i = 2.4$$

$$C = 630 \text{ mm}$$

**3.4.1. Cálculo para la relación de transmisión**

$$w1 = 6000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$w1 = 628.32 \text{ rad/s}$$

$$v2 = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}$$

$$v = 33.33 \text{ m/s}$$

**3.4.2. Cálculo del diámetro de la polea motriz**

De acuerdo con la velocidad de 100km/h que es la velocidad de la banda se realiza el cálculo mediante la EC 17, del diámetro de la polea motriz.

$$v = w1 * \frac{d1}{2}$$

$$33.33 (2) = 628.32 d2$$

$$d1 = 0.10609 \text{ m}$$

$$d1 = 106.09 \text{ mm}$$

### 3.4.3. Cálculo de la polea posterior

En la relación de transmisión la EC 16, con las rpm del motor se obtiene las revoluciones de la polea conducida para tener su diámetro.

$$i = \frac{n1}{n2}$$

$$n2 = \frac{6000}{2.4}$$

$$n2 = 2500 \text{ rpm}$$

$$w2 = 2500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}}$$

$$w2 = 261.80 \text{ rad/s}$$

$$v = w2 * \frac{d2}{2}$$

$$33.33 (2) = 261.80 * d2$$

$$d2 = 0.25462 \text{ m}$$

$$d2 = 254.62 \text{ mm}$$

### 3.4.4. Cálculo de la longitud de la banda o cadena

Para la realización del diseño de una banda sincrónica se utiliza la EC 18, se tiene en cuenta la distancia entre centros  $C = 630\text{mm}$  y diámetros de  $d_1 = 106,09\text{mm}$  y  $d_2 = 254,62\text{mm}$

$$L = 2C + 1.57(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(630) + 1.57(254.62 + 106.09) + \frac{(254.62 - 106.09)^2}{4(630)}$$

$$L = 1260 + 566.31 + 8.75$$

$$L = 1835,06\text{ mm}$$

$$L = 1,84\text{ m}$$

Con el parámetro obtenido de  $L = 1,84$  se necesita una banda de esta longitud para la transmisión de movimiento.

### 3.4.5. Cálculo del ángulo de contacto de la banda en cada p Polea

Con respecto a los ángulos de contacto en la p Polea motriz y p Polea conducida se emplea la ecuación N°20, los diámetros de  $d_1 = 106,09\text{ mm}$  y  $d_2 = 254,62\text{ mm}$

- **Polea Conducida**

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{2C} \right)$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left( \frac{254.62 - 106.09}{2 * 630} \right)$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 6.75^\circ$$

$$\theta_2 = 186.75^\circ$$

- **Polea motriz**

$$\theta_1 = 360^\circ - \theta_2 \quad \mathbf{EC. 19}$$

$$\theta_1 = 360^\circ - 186.75^\circ$$

$$\theta_1 = 173.24^\circ$$

### 3.4.6. Cálculo de la longitud libre de la banda

Dentro del conjunto de la geometría de la relación de transmisión mediante la EC 21, se dispone de un lado tenso y un lado flojo en la banda, la cuál será obtenida con la distancia entre centros  $C= 630\text{mm}$ ,  $d_1= 106,09\text{mm}$  y  $d_2= 254,62\text{mm}$

$$S = \sqrt{C^2 - \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2}$$

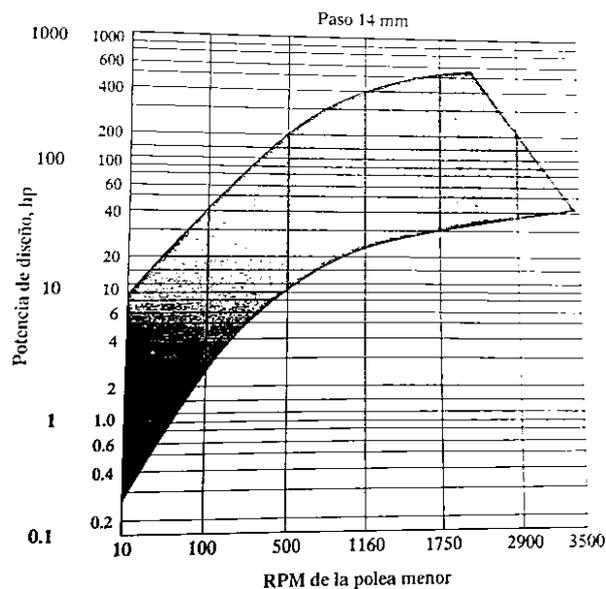
$$S = \sqrt{630^2 - \left(\frac{254.62 - 106.09}{2}\right)^2}$$

$$S = \sqrt{396900 - 5515.23}$$

$$S = 625.60 \text{ mm}$$

### 3.4.7. Selección del tipo de banda

De acuerdo con el motor eléctrico ya seleccionado, su potencia en KW será convertido en HP para hacer la selección del tipo de banda síncrona en la figura 34.



**Figura 34. Guía para la selección de bandas síncronas**

Fuente: (Mott, 2006)

En la figura 34, se tiene la potencia en HP en función de las revoluciones de la polea motriz, donde por medio del cruce de los valores se obtiene una banda de paso  $p=14\text{mm}$

De acuerdo al apéndice N°2, del manual de poleas dentadas y del cálculo que se hizo de la longitud de banda se seleccionó el tipo de correa

para la transmisión de la potencia del motor que consta de las siguientes características:

1890-14M-55

Donde:

- 1890: longitud de la banda en mm
- 14M: paso de la banda
- 55: ancho de la correa en mm



**Figura 35. Banda sincrónica**

#### **3.4.8. Cálculo de los dientes para las poleas**

Dentro del conjunto de la relación de transmisión se tiene el diámetro de la polea motriz y conducida con ello se realizó el cálculo del número de dientes a partir de una banda de paso  $p=14\text{mm}$ .

$$d1 = 106.09mm$$

$$d2 = 254.62 mm$$

$$p = 14$$

$$z = \frac{\pi \cdot d}{p} \quad \mathbf{EC.22}$$

$$z1 = \frac{\pi * (106.09)}{14}$$

$$z1 = 23.8$$

$$z1 = 23 \text{ dientes}$$

$$z2 = \frac{\pi \cdot d2}{p}$$

$$z2 = \frac{\pi * (254.62)}{p}$$

$$z2 = 57.13$$

$$z2 = 58 \text{ dientes}$$

### 3.5. Selección de elementos eléctricos y electrónicos y electromecánicos para el análisis

#### 3.5.1. Sistema de control

##### a. Selección del controlador

De acuerdo con el motor seleccionado se necesita con PWM o un módulo de control que se encargue de convertir el voltaje de las baterías en una señal sinusoidal de corriente alterna para el funcionamiento del motor eléctrico.

**TABLA 18.**

**Comparación entre diferentes módulos de control.**

<b>Marca</b>	<b>Golden Motor</b>	<b>Golden Motor</b>	<b>Golden Motor</b>
<b>Procedencia</b>	China	China	China
<b>Modelo</b>	HPC300	HPC500	HPC700
<b>Tipo</b>	BLDC controller	BLDC controller	BLDC controller
<b>Voltaje</b>	48V	48V	48V
<b>Corriente de fase</b>	180 A	200 A	420 A
<b>Corriente máxima por 1 min</b>	360 A	400 A	840 A
<b>Eficiencia</b>	98%	98%	98%
<b>Peso</b>	2,2 kg	2,9 kg	5,7 kg
<b>Refrigeración</b>	Aire	Aire	Aire
<b>Ancho</b>	191,5 mm	191,5 mm	200 mm
<b>Longitud</b>	146,5 mm	207,50 mm	276 mm
<b>Altura</b>	76,45 mm	75,85 mm	101,25 mm

**CONTINÚA** 

<b>Precio sin importación</b>	400	580	840
-------------------------------	-----	-----	-----

**Imagen**



**Fuente:** (Golden Motor, 2014)

En la tabla 18, se observa diferentes tipos de controladores con diferentes especificaciones.

**TABLA 19.**

**Matriz de selección del controlador**

<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Golden Motor</b>	<b>Golden Motor</b>	<b>Golden Motor</b>
<b>Geometría</b>	0,1	7	9	6
<b>Voltaje</b>	0,3	8	7	7
<b>Amperaje nominal</b>	0,2	9	8	5
<b>Amperaje pico</b>	0,2	7	8	8
<b>Peso</b>	0,1	2	7	4
<b>Precio</b>	0,05	4	9	7
<b>Eficiencia</b>	0,05	7	5	3
<b>Resultado</b>	<b>1</b>	<b>7,05</b>	<b>7,6</b>	<b>6,2</b>

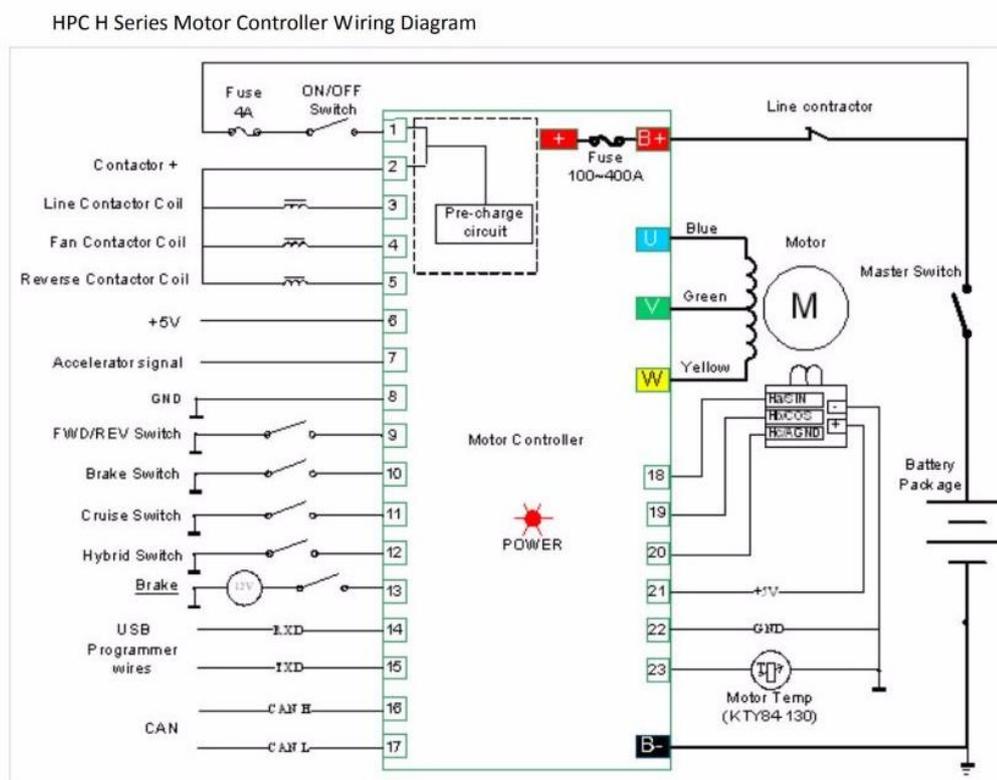
De acuerdo con la comparación entre diferentes tipos de módulos y la matriz de selección se escogió el controlador óptimo HPC500, controlador el cual se encarga de hacer funcionar al motor eléctrico.



**Figura 36. Controlador HPC500H**

Fuente: (Golden Motor, 2014)

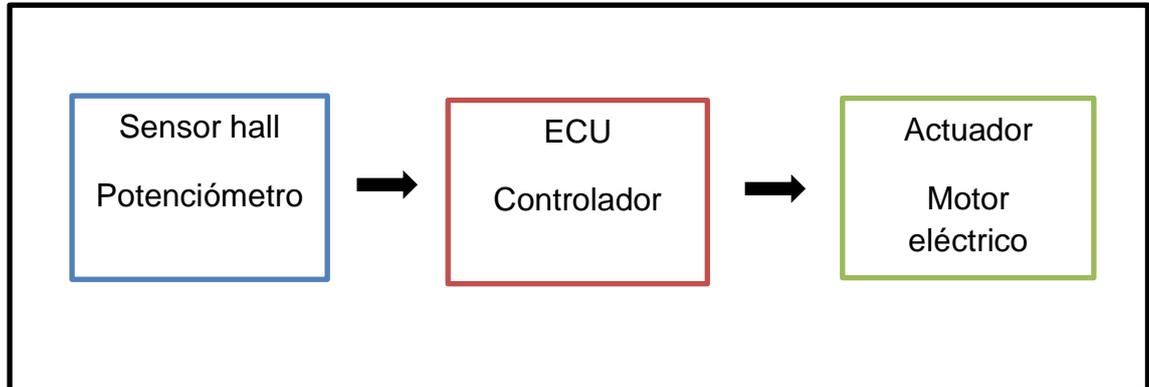
La figura 36 indica el controlador HPC500h, es el encargado de transformar el voltaje de corriente continua a un voltaje alterno para la alimentación del motor eléctrico, para ello se tiene el siguiente diagrama eléctrico del PWM:



**Figura 37. Diagrama eléctrico del controlador**

Fuente: (motor, 2017)

El módulo de control PWM se basa su funcionamiento en la conversión de pulsos para obtener señales de salida trifásicas, para el funcionamiento de un actuador o motor eléctrico.



**Figura 38. Diagrama lógico del controlador**

#### **b. Selección del mando de control**

Twist Throttle for external controllers 48V, es el encargado de enviar la señal al controlador HPC500H para que lea y codifique la comunicación al motor eléctrico.



**Figura 39. Mando de control**

Fuente: (Golden Motor, 2014)

Este tipo de mando se escogió porque cumple con el voltaje de alimentación de 48V, el tipo de comunicación al módulo de control que lo realiza por medio de tres diferentes puertos, tipo Hall, tres cables y por medio de dos cables.

**TABLA 20.**

**Especificaciones técnicas del mando de control**

Especificaciones	
<b>Resistencia</b>	5K ohmios
<b>Voltaje nominal</b>	48V
<b>Conectores</b>	3 tipo de conectores: tipo hall, tres cables y dos cables
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	20 a 85°C
<b>Corriente</b>	Hasta 400 A

**c. Selección del contactor**

Al tener Baterías de alto voltaje 100V y con un alto amperaje hasta 400A que necesita el controlador HPC500H se necesita un contactor que haga el cierre del circuito automáticamente.



**Figura 40. Contactor**

Fuente: (ABB, 2017)

De acuerdo con las especificaciones, se seleccionó este tipo de contactor porque funciona con un voltaje de 100 a 220V tanto en corriente alterna como continua, con un nivel de amperaje de 96 A por línea de entrada.

#### **d. Selección del interruptor**

Para activar y desactivar el circuito de baja potencia se necesita de un interruptor o llave maestra para activar o desactivar el contactor, para ello se realiza la selección del siguiente interruptor:



**Figura 41. Interruptor moto**

**Fuente:** (Motorcycle parts, 2018)

De acuerdo con las especificaciones, este interruptor cumple con los niveles de voltaje que trabaja 96V corriente directa y a 200A, con la ayuda de esta llave maestra se puede conectar o desconectar el circuito de baja potencia.

### 3.5.2. Sistema de conexión

#### a. Selección de cables

Identificar los circuitos de baja potencia y alta potencia para la selección del cable correcto.



**Figura 42. Tipos de cables**

Fuente: (Tecnologías, 2018)

De acuerdo a los voltajes de baja potencia se tiene niveles de 12 a 48V, se empleó un número de alambre 16 para hacer las instalaciones correctas.

**TABLA 21. Especificaciones de un cable AWG n° 16**

#### Especificaciones de un cable AWG n° 16

Especificaciones	
AWG calibre	16
Propiedades	Debido a su gran flexibilidad soporta frecuentes dobleces retardador de la flama y resistencia a la humedad.
Voltaje máximo	120 V
Especificaciones	NOM-063-SCFI
Certificación	NOM-ANCE
Temperatura	60°C

**CONTINÚA** →

Construcción	AWG 26/30
Aislamiento	1.14 mm
Diámetro exterior	3,63X7,70
Peso aproximado	53 kg/km

En la tabla 20, se referencia los niveles de voltaje en el circuito de alta tensión que alcanza los 100 V DC y 400A DC, se realiza la selección de un tipo de cable AWG N°8 que cumple con las características para realizar las instalaciones correctas.

**TABLA 22. Especificaciones de un tipo de cable AWG n° 8**

**Especificaciones de un tipo de cable AWG n° 8**

<b>Especificaciones</b>	
AWG calibre	8
Propiedades	Flexibilidad, resistencia a la humedad y gran resistencia a la mecánica
Voltaje máximo	300 V (18AWG al 24AWG) 600 V (16AWG al 500 KCM)
Especificaciones	NOM-063-SCFI
Certificación	NOM-ANCE
Temperatura	60°C – 75 °C – 105°C
Construcción	AWG 168/30
Aislamiento	1.14 mm
Diámetro exterior	6,04
Peso aproximado	100,7 kg/km

### 3.5.3. Selección de baterías

De acuerdo al voltaje que se necesita para poder energizar el módulo de control se hace una comparación entre diferentes tipos de baterías para poder escoger la más óptima.

**TABLA 23.**

#### Comparación entre diferentes tipos de baterías

Tecnología	Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-MH	Li-lón [LiCoO <sub>2</sub> ]	LiFe	Li-PO
<b>Parámetros</b>						
<b>Voltaje (V/celda)</b>	2V	1.2V	1.2V	3.6/3.7V	3.3V	3.7V
<b>Autodescarga (%/mes)</b>	3%-20%	10%	30%	8%	-	5%
<b>Descarga en continua</b>	-	10c	8c	1c	26c	20-45c
<b>Descarga por picos</b>	-	-	-	-	52c	30-90c
<b>Mantenimiento</b>	Bueno	Malo	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
<b>Ciclos de vida</b>	500-800	1500-2000	300-500	400-1200	2000	>1000
<b>Densidad energética [Wh/l]</b>	60-75	50-150	140-300	250-360	220	300
<b>Energía Específica [Wh/kg]</b>	30-40	40-60	30-80	100-250	90-100	130-200
<b>Potencia Específica [W/kg]</b>	180	150	250-1000	250-340	3000	7100
<b>Corriente carga rápida [C]</b>	0.4	1-2	1-2	1	4	1-2

**CONTINÚA** →

<b>Eficiencia Carg/Desca</b>	50%-92%	70%-90%	66%	80%-90%	-	99.8%
<b>Tolerancia a sobrecargas</b>	-	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Robustez a impactos</b>	Buena	M. Buena	Buena	M. Mala	Media	M. Mala
<b>Altas temperaturas</b>	Media	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Problemas de eculización</b>	No	No	No	Si	Si	Si
<b>Seguridad</b>	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	Buena
<b>Formato</b>	-	Cilíndrico	Cilíndrico	Prisma	Pris/Cilin	Prisma

TABLA 24.

## Matriz de selección

<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Pb-ácido</b>	<b>Ni-Cd</b>	<b>Ni-MH</b>	<b>Li-Ión</b>	<b>Li-Fe</b>	<b>Li-Po</b>
<b>Geometría</b>	0,2	7	5	8	7	7	4
<b>Voltaje</b>	0,2	9	3	6	5	2	6
<b>Amperaje nominal</b>	0,1	5	4	7	4	5	5
<b>Descarga máxima</b>	0,1	5	7	5	6	8	7
<b>Tecnología</b>	0,1	6	8	8	8	3	8
<b>Densidad energética</b>	0,1	4	9	9	2	4	6
<b>Precio</b>	0,2	6	6	7	3	1	3
<b>Resultado</b>	<b>1</b>	<b>6,4</b>	<b>5,6</b>	<b>7,1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5,2</b>

En la tabla 24 se realiza la selección de un tipo de baterías Ni-MH, de acuerdo con las especificaciones, este tipo de baterías son fáciles de encontrar en el mercado automotriz y presentan un estado de funcionamiento óptimo, cada una de estas celdas tiene un voltaje nominal de 7,2V y para lograr aumentar el voltaje se puede conectar en serie este tipo de baterías, presentan una autonomía de 6A-h



**Figura 43. Baterías Ni-Mh**

**TABLA 25.**

**Características de las baterías ni-mh**

<b>Características baterías Ni-MH</b>	
Voltaje total de la batería	96 V
Voltaje total de la batería más el 20% de carga	120V
Numero de celdas	36
Peso del conjunto de la batería	45 kg
Voltaje de celda individual	7,2 V
Capacidad	6,5 A-h
Voltaje de cada mini celda	1,2 V
Número de mini celdas	6

**a. Cálculo de capacidad de las baterías de alto voltaje**

Mediante los siguientes cálculos se puede obtener la potencia de las baterías tipo Ni-MH:

TABLA 26.

## Parámetros para calcular la capacidad de la batería

Parámetros de capacidad de la batería	
Capacidad de la batería	6,5 A-h
Voltaje nominal de cada celda	7.2 V
Numero de celdas	36

$$P_{o \text{ ind}} = V_{\text{ndc}} * \text{Cap. b}$$

## Ecuación 23. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA

**Donde:**

$P_{o \text{ ind}}$ : Potencia individual de la batería original

$V_{\text{ndc}}$ : Voltaje nominal de cada celda

Cap. b: Capacidad de la batería

**Entonces:**

$$P_{o \text{ ind}} = V_{\text{ndc}} * \text{Cap. b}$$

$$P_{o \text{ ind}} = 7,2 \text{ V} * (6,5 \text{ A} - \text{h})$$

$$P_{o \text{ ind}} = 46,8 \text{ W}$$

$$P_{o \text{ ind}} = 46,8 \text{ W Por celda}$$

$$P_{o \text{ t}} = P_{o \text{ ind}} * N_{\text{c}}$$

## Ecuación 24. ECUACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL

**Donde:**

$P_{o \text{ t}}$ : Potencia total de la batería original

$P_{o \text{ ind}}$ : Potencia individual de la batería original

$N_{\text{c}}$  : Número de celdas

**Entonces:**

$$P_{ot} = P_{o\ ind} * N_c$$

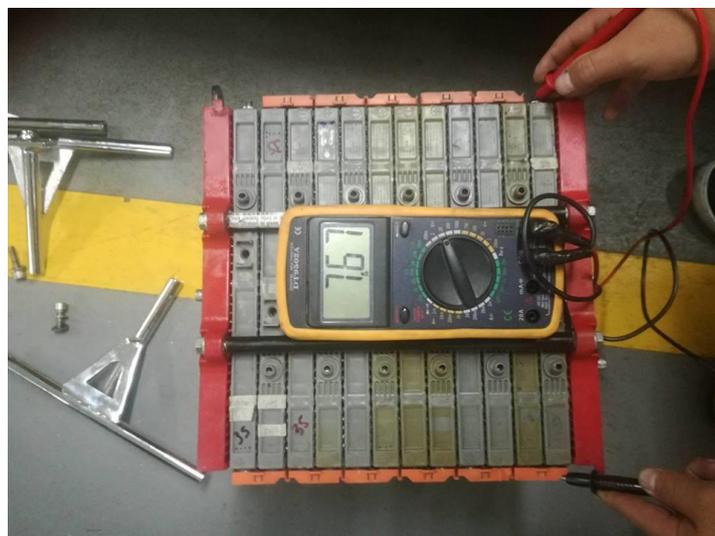
$$P_{ot} = 0,0468\ kW * 12$$

$$P_{ot} = 0,5616\ kW$$

Con el número de celdas juntas para armar un pack de 12 celdas se tiene una potencia de 0,5616 KW, para la potencia total de los tres packs es de 1,6848 KW a implementar en la moto.

**b. Proceso de medición del voltaje nominal en cada una de las celdas para la selección de las más óptimas**

Antes de seleccionar las baterías para armar nuestro pack se debe realizar una medición y escoger las baterías que estén más óptimas para ello se debe tener en cuenta que el voltaje nominal de las baterías en óptimas condiciones no debe ser menor a 7,2 voltios.



**Figura 44. Medición de voltaje de baterías**

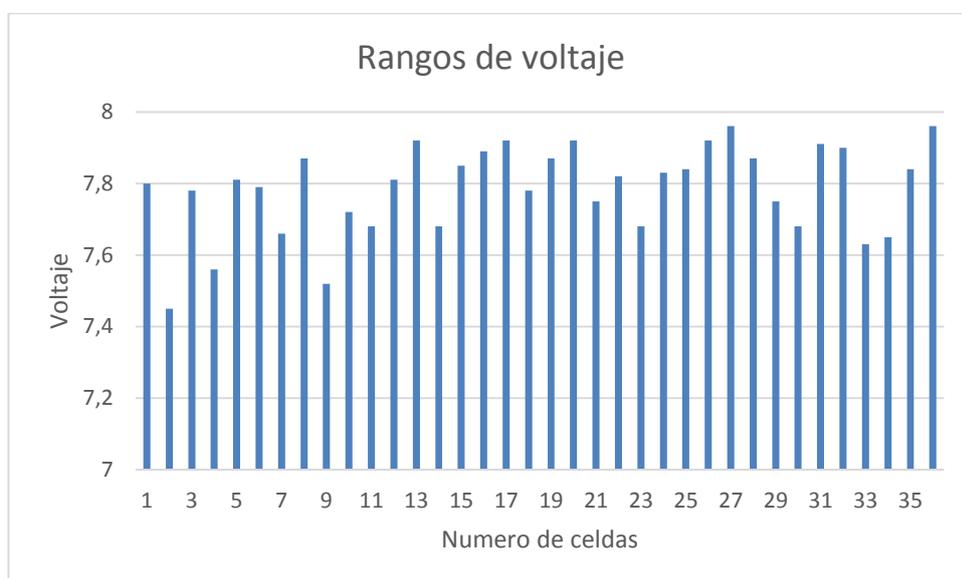
TABLA 27.

## Valores de voltaje de las baterías seleccionadas

<b>Baterías seleccionadas de alto voltaje</b>	
<b>Número de celda</b>	<b>Voltaje (voltios)</b>
1	7,8
2	7,45
3	7,78
4	7,56
5	7,81
6	7,79
7	7,66
8	7,87
9	7,52
10	7,72
11	7,68
12	7,81
13	7,92
14	7,68
15	7,85
16	7,89
17	7,92
18	7,78
19	7,87
20	7,92
21	7,75
22	7,82
23	7,68
24	7,83
25	7,84
26	7,92
27	7,96
28	7,87

CONTINÚA 

<b>29</b>	7,75
<b>30</b>	7,68
<b>31</b>	7,91
<b>32</b>	7,90
<b>33</b>	7,63
<b>34</b>	7,65
<b>35</b>	7,84
<b>36</b>	7,96



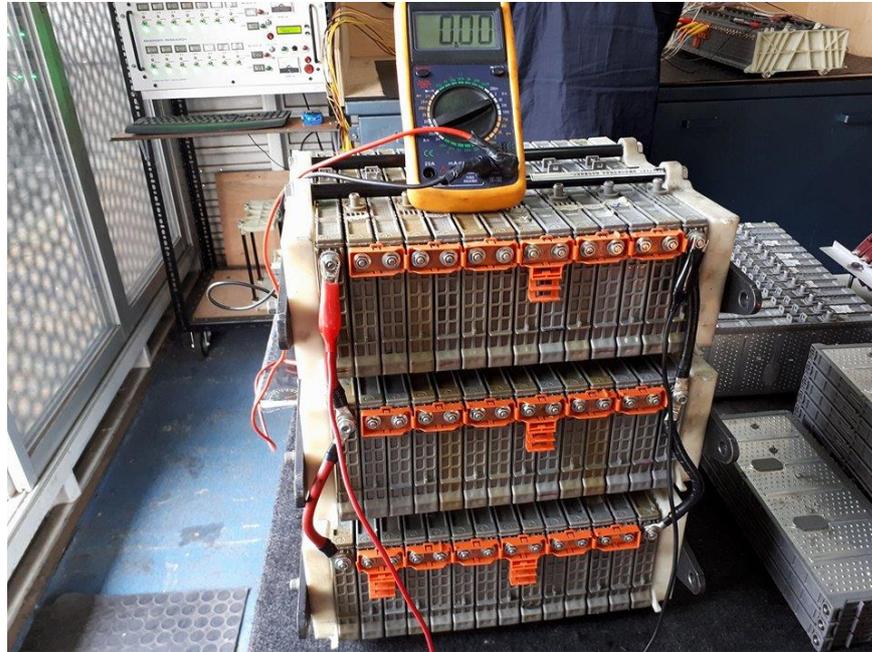
**Figura 45. Medición del voltaje de las baterías**

En la figura 45, se observa que ninguna de las celdas se encuentra por debajo de su voltaje base o voltaje nominal de 7,2V, con un rango de tolerancia del 25% se encuentra los valores por encima del nominal, lo cual indica que estas celdas se encuentran óptimas para la selección.

**c. Proceso de carga de las baterías a partir del voltaje nominal a una intensidad de corriente de 2A**

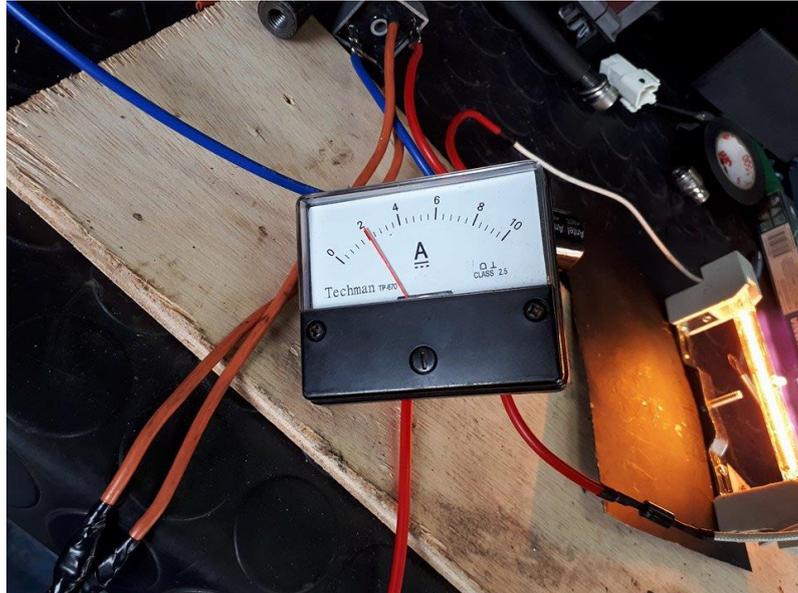
Como resultado se tiene que estas baterías se encuentran descargadas con un voltaje nominal no menor a 7,2 V se necesita realizar el procedimiento de

carga completo a las baterías para ello se conecta cada de 12 celdas en serie y las 33 en paralelo para realizar la carga respectiva a un tiempo aproximado de 3 horas con una intensidad de corriente de 2 A.



**Figura 46. Proceso de conexión entre packs**

En la figura 48 se nota como están conectadas en serie cada celda para formar un pack de baterías y como se encuentran conectadas en paralelo cada pack para aumentar su amperaje y así lograr una carga lenta para que la autonomía sea mayor.



**Figura 47. Intensidad de corriente para una carga lenta**

En la figura 47 se muestra un amperímetro análogo a 2 A esto significa que por cada una hora de carga el cargador de baterías entrega 2A-h para llegar a 6A-h se necesita un tiempo estimado de 3horas por cada 2 A.

### **3.6. Ensamble e implementación del sistema de propulsión eléctrico**

Se expondrá el ensamble del sistema de propulsión eléctrico, y se tendrá en cuenta que las piezas fueron dibujadas y cortadas por CNC plasma así se cumplió con las dimensiones a ocupar en el bastidor de la moto.

#### **3.6.1. Ensamble del tren motriz**

Para continuar con el desarrollo de la moto se hace referencia a los elementos seleccionados con anterioridad, se realizó la distribución en un software computacional para después ser cortado e implementado en objetos tangibles.

Este sistema del tren motriz es el encargado de dar el movimiento a la motocicleta, para ello se ha dividido en dos subsistemas más, los cuales serán detallados a continuación: sistema mecánico y sistema eléctrico.

### **3.6.2. Sistema mecánico**

Se identificó el sistema mecánico de cada uno de los elementos que conforma el sistema de propulsión eléctrico se realizara una descripción de cada elemento, así como una hoja de procesos de cómo fue realizado y un ensamble en la motocicleta.

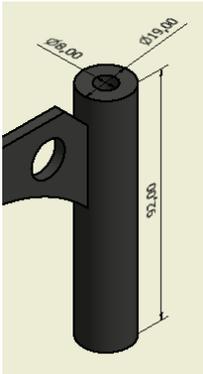
#### **a. Construcción del sistema de propulsión eléctrico**

La sujeción del sistema de propulsión eléctrico en la moto como: motor eléctrico, baterías y relación de transmisión se realiza diferentes piezas mecánicas que serán cortadas y ensambladas en el bastidor de la motocicleta para ello se efectúa una Hoja de Procesos donde cuenta con el proceso de manufactura y ensamble.







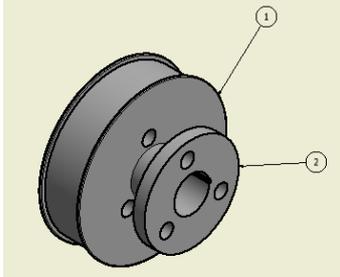
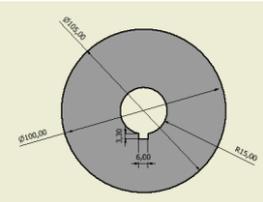
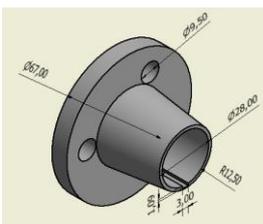
1 2	Eje superior base	TORN O	Desbastad o		Rpm: 400 velocidad avance 10cm/min	TR	MA GA GU REF	1
		TORN O	Taladrado		Rpm: 350	TR	MA GA GU REF	1
DESIGNACIÓN DE CODIGO A HERRAMIENTAS		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - LATACUNGA DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ						
TOR: TORNO REF: REFRIGERANTE MA: MANDIL GA: GAFAS GU: GUANTES		PROYECTO DE TITULACIÓN	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER					
		LUGAR Y FECHA	LATACUNGA, 10 DE MARZO DEL 2018			MASA TOTAL:		15 KG
		REALIZADO POR:	JONATHAN MORALES, BYRON LEON	FECHA:	10/03/2018	APROBADO		
		REVISADO POR:	ING. HECTOR TERÁN	FECHA:	13/03/2018			

En la tabla 27 se presentó cómo fue elaborada cada una de las piezas mecánicas, el proceso de manufactura y tiempos de corte, velocidades de torneado en el caso de ejes que hace referencia las bases de sujeción del motor eléctrico hasta las baterías que van sujetos todos estos elementos al bastidor de la motocicleta tipo chopper.

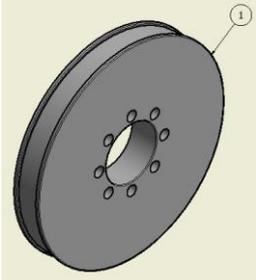
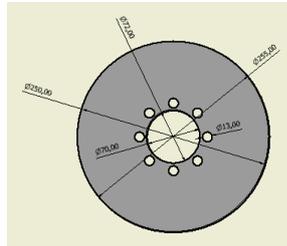
Con respecto a la relación de transmisión se realizó de igual manera una hoja de procesos donde consta el diseño, método de elaboración para lograr así tener un objeto tangible y ser ensamblado e instalado en el motor eléctrico la polea motriz así mismo como la polea conducida en la rueda posterior de la motocicleta tipo chopper.

**TABLA 29.**

**Polea motriz**

Nº2		HOJA DE PROCESO																	
ELEMENTO: Polea Motriz		DENOMINACIÓN: Construcción			OBSERVACIONES														
RESPONSABLES	Morales Jonathan León Byron	MATERIAL: Acero ASTM A36 y Acero de transmisión			Se dispone de las partes principales para para una polea motriz del motor eléctrico donde se realiza sus diferentes procesos de manufactura con varios equipo.														
CANTIDAD	1	TRATAMIENTO TÉRMICO:						Ninguno											
TIEMPO ESTIMADO: 20 horas TIEMPO REAL: 21 horas																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDAD</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Polea Motriz</td> <td>D1: 105mm D2: 100mm e: 29mm d: 30m</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>Cono</td> <td>D: 67mm e: 3mm d: 28m</td> </tr> </tbody> </table>		PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	1	1	Polea Motriz	D1: 105mm D2: 100mm e: 29mm d: 30m	2	1	Cono	D: 67mm e: 3mm d: 28m		
		PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES														
1	1	Polea Motriz	D1: 105mm D2: 100mm e: 29mm d: 30m																
2	1	Cono	D: 67mm e: 3mm d: 28m																
Nº	PIEZA	FASE	OPERACIÓN	CROQUIS	PARÁMETROS DE MECANIZADO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (min)											
1	Polea Motriz	CORTE	CAM - CNC POR PLASMA		v=15 in/min	CNC PLAMA	MA GA GU	2											
		TORNADO	REFRENTADO		Rpm: 350 Rpm2: 550	TR REF	MA GA GU	2											
		FRESA	FRESADO		Rpm: 100 paso: 14 dientes:23 velocidad: 3cm/min	FE	MA GA GU	7											
2	Cono	TORNADO	DEBASTADO Y TALADRADO		v=10 in/min Rpm: 330 Rpm: 550	TR REF	MA GA GU	3											
		TORNADO	REFRENTADO		Rpm: 350 Rpm2: 550	TR REF	MA GA GU	2											
DESIGNACIÓN DE CODIGO A HERRAMIENTAS		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - LATACUNGA DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ																	
TOR: TORNO REF: REFRIGERANTE MA:MANDIL GA:GAFAS GU:GUANTES FE: Fresado		PROYECTO DE TITULACIÓN		ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER															
		LUGAR Y FECHA		LATACUNGA, 10 DE MARZO DEL 2018		MASA TOTAL:		1,865 KG											
		REALIZADO POR:		JONATHAN MORALES, BYRON LEON		FECHA:		10/03/2018											
		REVISADO POR:		ING. HECTOR TERÁN		FECHA:		13/03/2018											
						APROBADO													

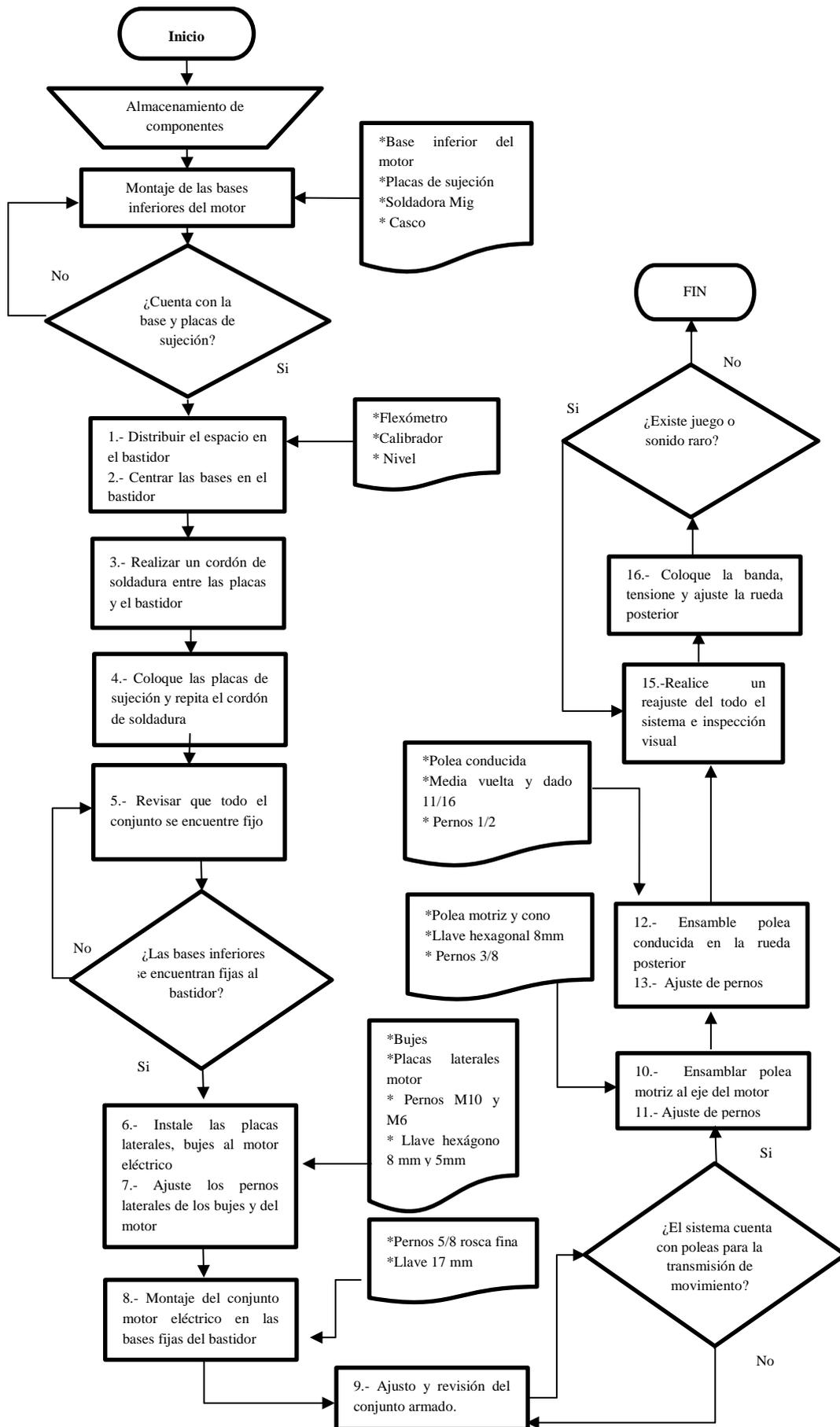
**CONTINÚA** →

Nº3		HOJA DE PROCESO											
ELEMENTO: Polea Conducida		DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES									
RESPONSABLES	Morales Jonathan León Byron	MATERIAL: Acero ASTM A36		Se dispone de las partes principales para para una polea motriz del motor eléctrico donde se realiza sus diferentes procesos de manufactura con varios equipo.									
CANTIDAD	1	TRATAMIENTO TÉRMICO:				Ninguno							
TIEMPO ESTIMADO: 20 horas													
TIEMPO REAL: 15 horas													
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDAD</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Polea Conducida</td> <td>D1: 255mm D2: 250mm e: 30mm d: 70m</td> </tr> </tbody> </table>			PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	1	1	Polea Conducida	D1: 255mm D2: 250mm e: 30mm d: 70m
			PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES							
1	1	Polea Conducida	D1: 255mm D2: 250mm e: 30mm d: 70m										
Nº	PIEZA	FASE	OPERACIÓN	CROQUIS	PARÁMETROS DE MECANIZADO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)					
						E.P,M	E.P,P						
1	Polea Conducida	C O R T E	CAM - CNC POR PLASMA		v=15 in/min	CNC PLAMA	MA GA GU	3					
		T O R N O	REFRENTADO		Rpm: 350 Rpm2: 550	TR REF	MA GA GU	3					
		F R E S A	FRESADO		Rpm: 100 paso: 14 dientes: 58 velocidad: 3cm/min	FE	MA GA GU	9					
DESIGNACIÓN DE CODIGO A HERRAMIENTAS			UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - LATACUNGA DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ										
TOR: TORNO REF: REFRIGERANTE MA: MANDIL GA: GAFAS GU: GUANTES FE: Fresado			PROYECTO DE TITULACIÓN	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO PARA UNA MOTO TIPO CHOPPER									
			LUGAR Y FECHA	LATACUNGA, 10 DE MARZO DEL 2018	MASA TOTAL:		10 KG						
			REALIZADO POR:	JONATHAN MORALES, BYRON LEON	FECHA:	10/03/2018	APROBADO						
			REVISADO POR:	ING. HECTOR TERÁN	FECHA:	13/03/2018							

## b. Ensamble del sistema de propulsión eléctrico

De acuerdo con el proceso de diseño y construcción de los elementos mecánicos, se procederá hacer las respectivas instalaciones en el bastidor se logra así un ensamblado para su correcto funcionamiento, a continuación, se detalla el proceso de ensamblado:

- Flujo grama sistemas mecánicos

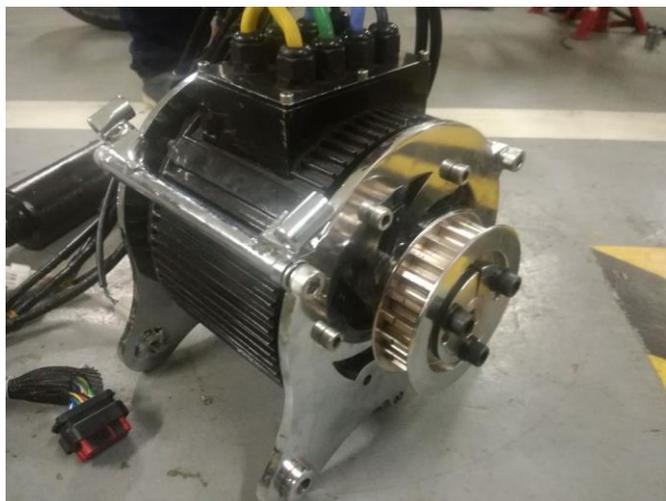


En la Figura 48, con la ayuda de un flexómetro y un calibrador se realiza la distribución y centrado de las bases en el bastidor para continuar hacer un cordón de soldadura mediante la ayuda de una soldadora Mig y de un casco para soldar así se logra un cuerpo sólido con el bastidor.



**Figura 48. Fijación bases motor**

En la figura 49, se observa el ensamble del motor eléctrico con su respectiva base.



**Figura 49. Ensamble motor eléctrico**

En la figura 50, se tiene en cuenta que las bases inferiores están soldadas al bastidor para el montaje del motor eléctrico al bastidor.



**Figura 50. Montaje motor eléctrico**

De acuerdo con el montaje del motor se debe realizar la instalación de la polea motriz. Se debe tomar en cuenta la rueda posterior y polea conducida que estén aliñadas y ajustadas correctamente.



**Figura 51. Implementación polea conducida**

En la Figura 52, se realiza la instalación de la rueda posterior, de igual manera hacer la instalación de la banda de transmisión de movimiento, se debe realiza la tensión de la banda con la inspección visual del tensionamiento de la banda para que no quede demasiada rígida.



**Figura 52. Instalación de la banda de transmisión**

En la figura 53, se observa la instalación correcta del sistema de relación de transmisión, realizar una inspección visual.

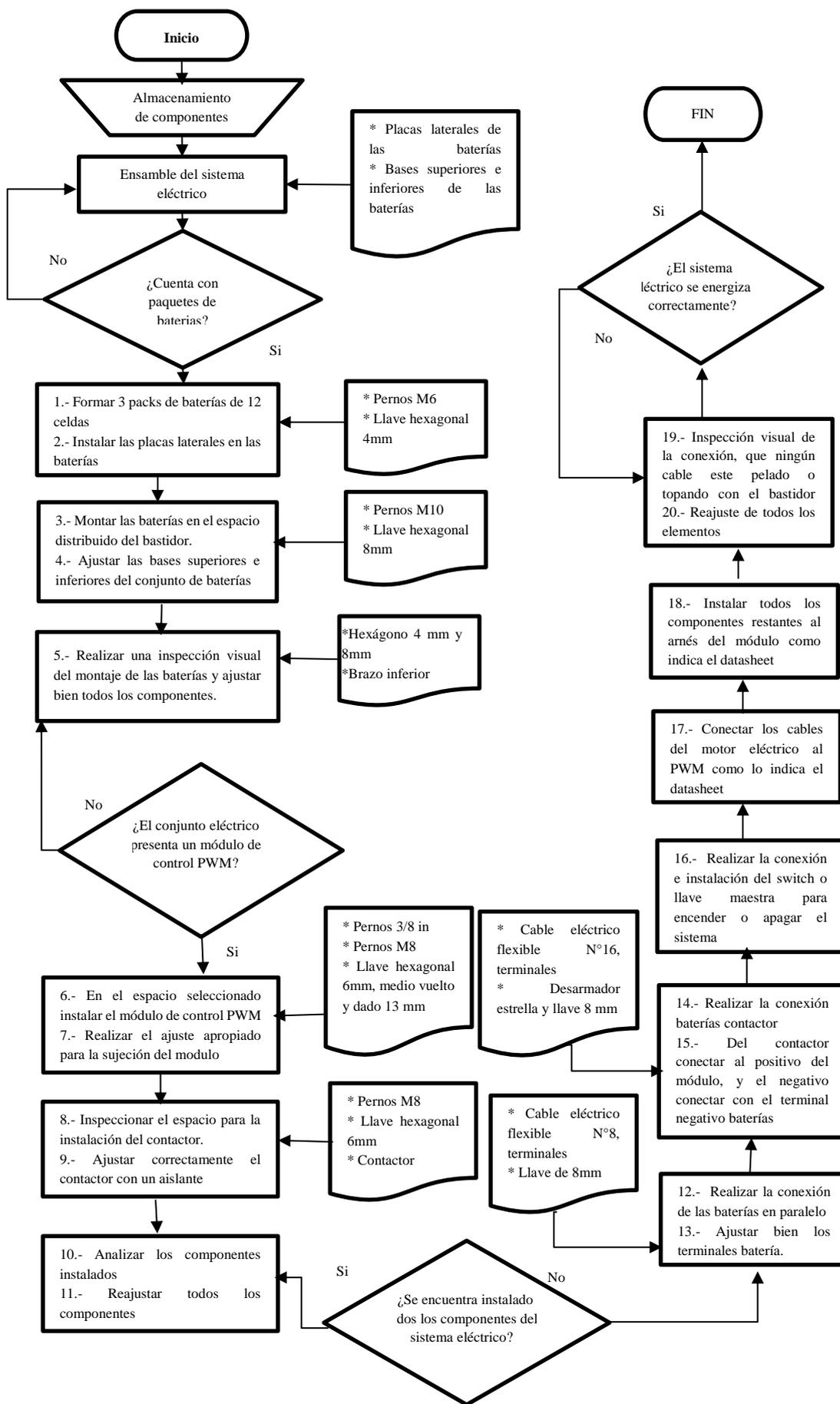


**Figura 53. Sistema de propulsión instalado**

### **c. Ensamble de la parte eléctrica**

De acuerdo con la instalación del tren de propulsión se procede a instalar los componentes del sistema eléctrico como son: baterías, módulo de control, interruptor, contactor y un mando de control o acelerador, para ello se debe realiza un flujograma del proceso de instalación.

- **Flujo grama sistema eléctrico**



En la figura 54, se muestra el pack de baterías conectadas serie para sumar voltajes y llegar a 100 V, realizar lo mismo para los otros dos paquetes de baterías.



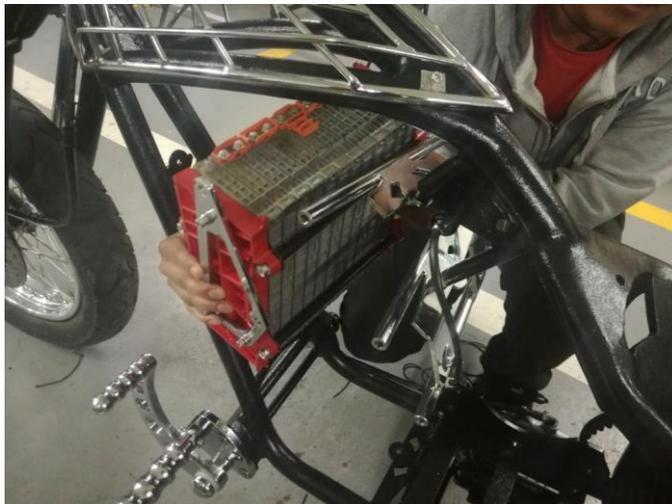
**Figura 54. Paquete de baterías**

En la figura 55, se presenta el proceso de instalación de las placas laterales, para la sujeción entre las placas y las baterías.



**Figura 55. Sujeción placas laterales**

En la Figura 56, realizado el armado de los paquetes de las baterías y las placas laterales, se implementa en el bastidor las bases superiores e inferiores para lograr la posición indicada.



**Figura 56. Implementación baterías**

En la Figura 57, con la necesidad de implementar el módulo de control PWM para tener en un lugar fijo y de fácil accesibilidad se lo realizó debajo del asiento del conductor.



**Figura 57. Instalación módulo de control**

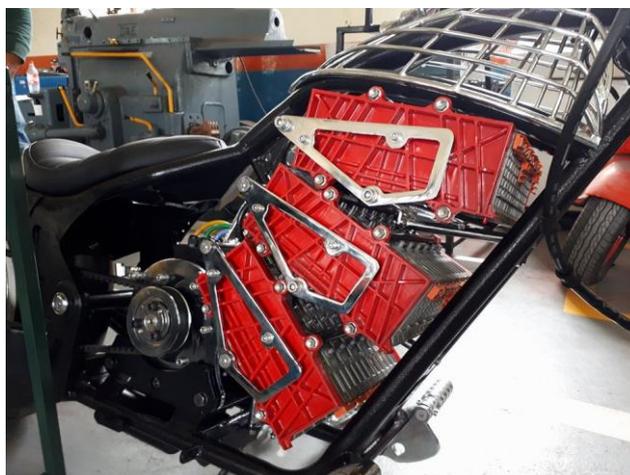
En la Figura 58, una vez realizada la instalación del módulo de control se complementa con la instalación del contactor en un lugar fresco y seguro

para su funcionamiento, con ello instalado correctamente se debe conectar todos los elementos como se muestra en el Datasheet.



**Figura 58. Módulo de control**

En la Figura 59, se demuestra la instalación correcta y completa de todo el sistema de propulsión eléctrico, donde incluye partes mecánicas y partes eléctricas, con la correcta instalación la moto se debe realizar varias pruebas a diferentes condiciones de conducción.



**Figura 59. Instalación correcta sistema de propulsión eléctrico**

## **CAPÍTULO IV.**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBAS**

En este capítulo se analiza los datos monitoreados de los sistemas de propulsión eléctrica recopilados durante las pruebas de ruta, para lo cual se establece un protocolo que genera un cuadro comparativo de parámetros de funcionamiento teóricos y prácticos.

#### **4. Análisis de resultados de la moto tipo chopper**

A continuación se detallará los datos obtenidos durante las pruebas de ruta en el campus de la Espe-L Belisario Quevedo en condiciones de línea recta y horizontalmente con una inclinación no más de 10° para determinar los voltajes (v) y amperios (A-h) finales e iniciales en cada prueba que nos permite realizar una tabla comparativa de autonomía y eficiencia.

##### **4.1. Proceso de medición de voltajes y prueba de carga de cada celda de la batería**

Para la realización de la prueba de la batería de alto voltaje con un multímetro se debe seguir los siguientes parámetros.

- Asegurarse que la moto se encuentre apagada
- Bajar el breaker de seguridad
- Desconectar la alimentación de 12v para los accesorios de la moto.
- Desmontar las protecciones de la batería de alto voltaje
- Identificar cada uno de los pack de baterías

TABLA 30.

Medición de las celdas del pack de baterías con carga.

Pack N° 1		Pack N°2		Pack N°3	
N° de celda	Voltaje (V)	N° de celda	Voltaje (V)	N° de celda	Voltaje (v)
1	8,5	1	8,,3	1	8,5
2	8,5	2	8,,4	2	8,5
3	8,4	3	8,4	3	8,4
4	8,5	4	8,5	4	8,,4
5	8,4	5	8,4	5	8,4
6	8,4	6	8,4	6	8,,3
7	8,3	7	8,3	7	8,3
8	8,3	8	8,3	8	8,3
9	8,3	9	8,3	9	8,3
10	8,4	10	8,4	10	8,4
11	8,3	11	8,3	11	8,3
12	8,3	12	8,3	12	8,3

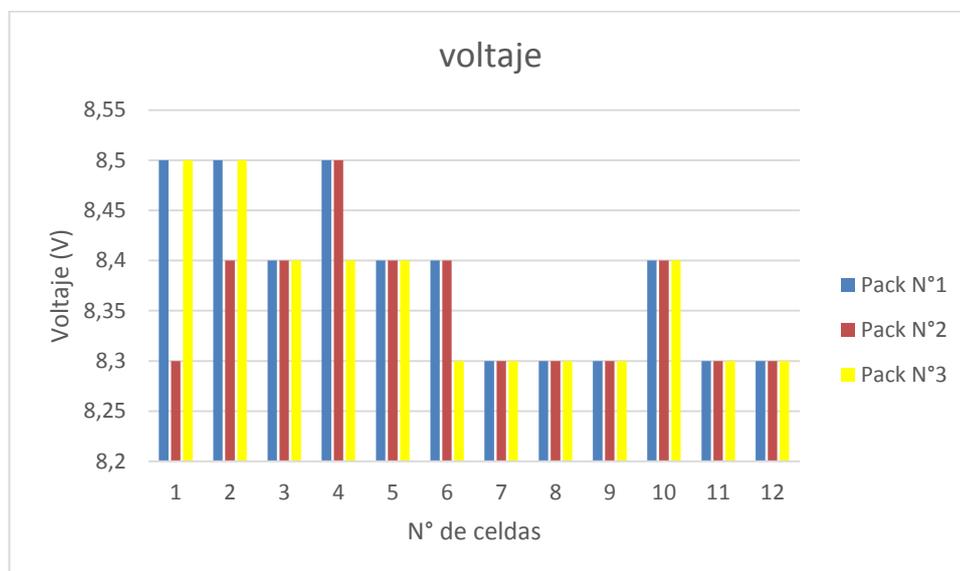


Figura 60. Medición de valore de voltaje de la batería

En la figura 60, se observa que ninguna celda está por debajo del límite de 7,2 v ni sobrepasa el límite de tolerancia del 20%, se concluye que las

baterías se encuentran en buen estado y están óptimas para la implementación.

#### 4.2. Prueba de autonomía

Resulta indispensable mencionar que la autonomía deseada está directamente relacionada con las características de la batería.

Matemáticamente se usa la ecuación para calcular la autonomía de motocicletas.

$$\textit{Tiempo de Autonomia} = \frac{\textit{Carga (Ah)}}{\textit{I carga (A)}} * \frac{(\textit{V flotacion} - \textit{V min}) (V)}{\textit{V flotacion (V)}}$$

**Donde:**

$$\textit{Carga (Ah)} = 19$$

$$\textit{I Carga (A)} = 2$$

$$\textit{V flotante (V)} = 100 \text{ (8,3 V de cada celda)}$$

$$\textit{V min (V)} = 70 \text{ (6 V cada Bateria )}$$

$$\textit{Tiempo de Autonomia} = \frac{19 \text{ (Ah)}}{2 \text{ (A)}} * \frac{(100 - 70) \text{ (V)}}{100 \text{ (V)}}$$

$$\textit{Tiempo de Autonomia} = 2,85 \text{ h}$$

Se realizó las pruebas de campo en la las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L Gral. Guillermo Lara, se obtuvo los siguientes resultados:

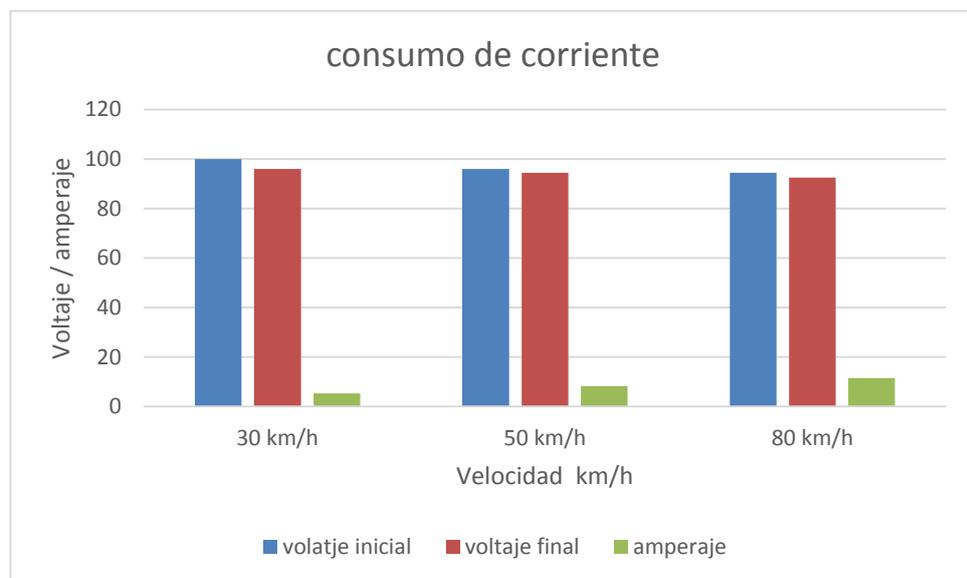
#### 4.2.1. Prueba de ruta fase 1.

Se llevaron a cabo las pruebas de ruta en línea recta se mantiene una velocidad de 30km/h y 50km/h durante dos horas se comprueba la autonomía antes calculada, se realizó la media de voltaje en cada una de las celdas después de cada fase de prueba, se obtuvo los siguientes resultados:

**TABLA 31.**

**Valores de voltaje de las celdas durante la fase 1.**

V inicial	velocidad	Amperaje	V final	Distancia
100 (V)	30Km/h	5,3	96 (V)	300 m
96 (V)	50km/h	8,3	94,5 (V)	500 m
94,5 (V)	80km/h	11,5	92,4 (V)	700 m



**Figura 61. Voltaje nominal vs velocidad**

En la figura 61, se identifica los voltajes nominales a diferentes velocidades de trabajo de 30km/h, 50Km/h y 80 Km/h durante dos horas de trabajo, se concluye que las baterías han sufrido una descarga de 2 (v) por pack de batería, al finalizar la prueba se obtuvo un voltaje de 92,4 (v) teniendo 7,7 (v) en cada celda, se observa que no sobrepasa el límite de 7,2 (v) de descarga de cada celda.

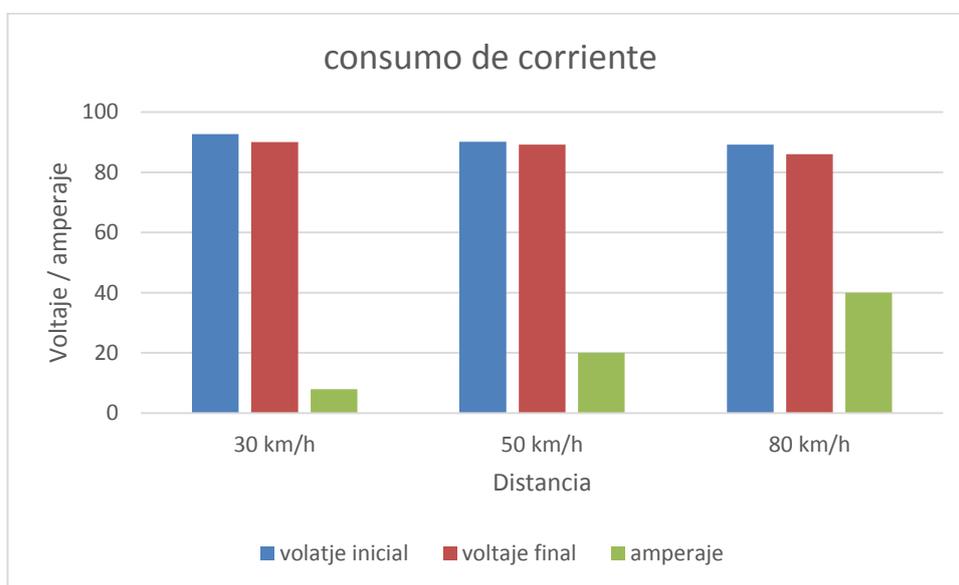
#### 4.2.1. Prueba de ruta fase 2

Se llevó a cabo la prueba de ruta fase 2 en una vía que tenga un grado de inclinación no mayor a  $10^\circ$  se mantiene una velocidad de 30km/h y 50km/h durante dos horas se comprobó la autonomía antes calculada, se realizó la media de voltaje en cada una de las celdas después de cada fase de prueba, se obtuvo los siguientes resultados:

**TABLA 32.**

**Valores de voltaje de las celdas durante la fase 2.**

V inicial	velocidad	Amperaje	V final	Distancia
92,7 (V)	30Km/h	5,3	90,1 (V)	400 m
90,2 (V)	50km/h	8,3	89,2 (V)	800 m
89,2 (V)	80km/h	11,5	86 (V)	1200 m



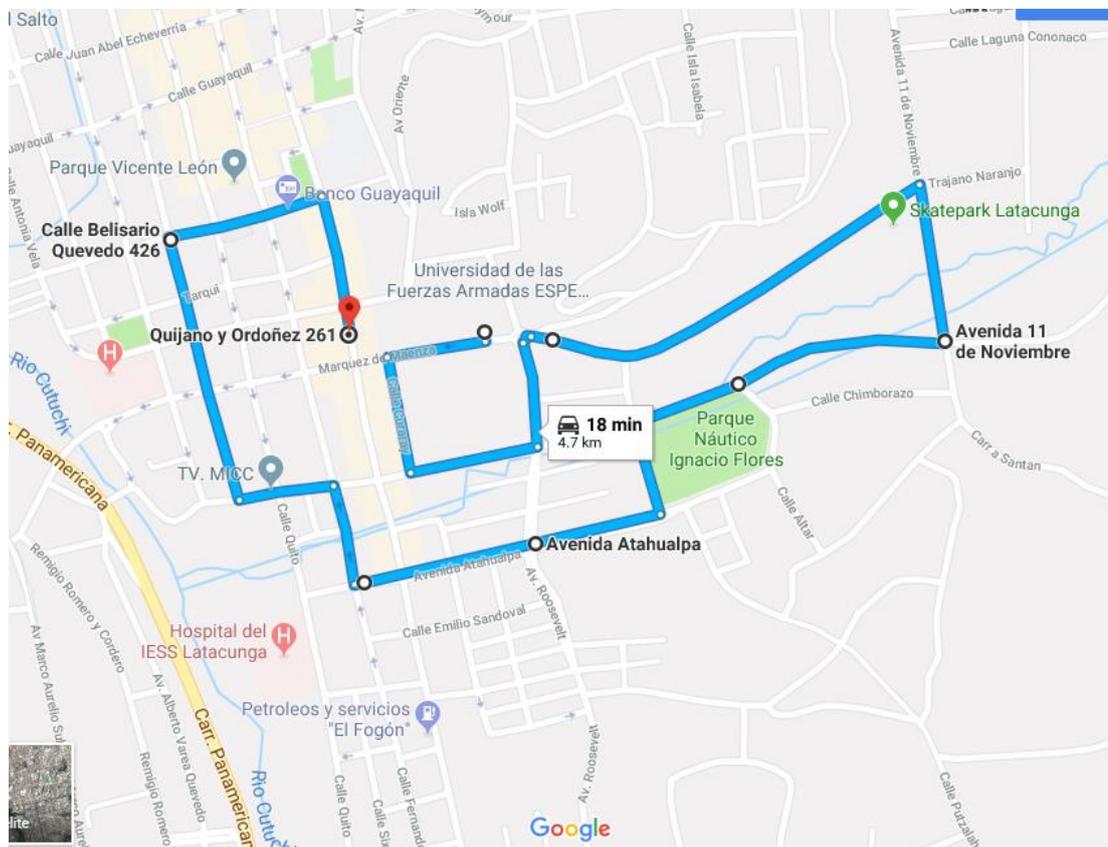
**Figura 62. Voltaje nominal Vs tiempo**

En la figura 62, se identifica los voltajes nominales a diferentes tiempos de trabajo de 30km/h, 50Km/h y 80 km/h en un grado de inclinación no mayor a  $10^\circ$

de peralte de la vía durante dos horas de trabajo, se concluyó que las baterías han sufrido un desgaste de 4,5 (v) y 8,5 (v) por pack de batería, al finalizar la prueba se obtuvo un voltaje de 7,1 (v) en cada celda, se observa que se encuentra al límite de 7,2 v de descarga de cada celda.

#### 4.2.1. Pruebas de ruta fase 3.

Se llevó a cabo las pruebas de ruta fase 3 en ruta urbana se interactúa con el tráfico se mantiene una velocidad máxima de 50km/h durante dos horas se comprobó la autonomía antes calculada, se realizó la media de voltaje en cada una de las celdas después de cada fase de prueba, se obtuvo los siguientes resultados:



**Figura 63. Ruta de prueba fase 3**

Fuente: (Google, 2018)

En la figura 63, Representa el circuito que recorrerá por las vías de Latacunga, para la prueba de autonomía se toma el rango de 50km/h máximos de velocidad permitida por la agencia nacional de tránsito.

TABLA 33.

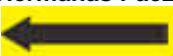
## Datos obtenidos fase 3 prueba en ciudad.

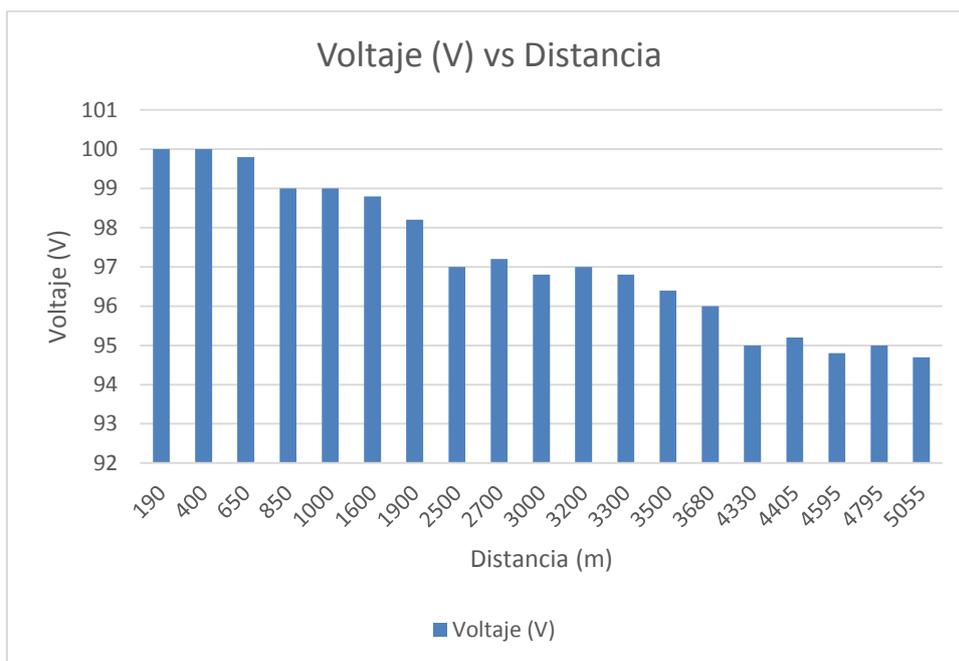
LUGAR Y FECHA:	Latacunga, 09 de marzo del 2018	REALIZADO POR:	León Byron Morales Jonathan			
VEHÍCULO:	Motocicleta Chopper eléctrica	DISTANCIA RECORRIDA:	4,7 km			
PILOTO:	Stalin Pasquel	TIEMPO:				
RUTA			Esta ruta fue designada para la prueba del prototipo en las avenidas principales de la ciudad de Latacunga la cual se presta para la comprobación de la moto en el transito normal de la ciudad.			
INICIO: Marque de Maenza y Av. Roosevelt FIN: Quijano Ordoñez y hermanas Páez						
SUPERFICIE:	Asfalto (AS), adoquinado (AD) y piedra (PD)	DESCRIPCIÓN DE RUTA				
UBICACIÓN	SEÑALÉTICA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)	TIEMPO (min)	TIPO DE VÍA	VOLTAJE (V)
Marque de Maenza y Av. Roosevelt – Calle Curaray 		190	20	1	AS	100v
Calle Curaray – Av. Rumiñahui 		400	25	1,30	AS	100
Av. Rumiñahui - Av. Roosevelt 		650	25	2	AS	99.8
Av. Roosevelt - Marque de Maenza 		850	25	3	AS	99
Marque de Maenza – Calle Santiago Zamora 		1000	25	3,20	AS	99

CONTINÚA

<b>Marque de Maenza – Av. 11 de noviembre</b>			1600	40	4	AS	98,8
<b>Av. 11 de noviembre – Calle los Ilinizas</b>			1900	25	5	AD	98,2
<b>Calle los Ilinizas - Calle Santiago Zamora</b>			2500	40	7	AS	97
<b>Calle Santiago Zamora – Av. Atahualpa</b>			2700	35	7,5	AS	97,2
<b>Av. Atahualpa – Av. Roosevelt</b>			3000	25	8	AS	96,8
<b>Av. Atahualpa – Av. Unidad Nacional.</b>			3200	30	10	AS	97
<b>Av. Atahualpa - Calle Orellana</b>			3300	20	10.30	AS	96,8
<b>Calle Orellana – Av. Rumiñahui</b>			3500	25	11	AD	96,4
<b>Av. Rumiñahui – Av. Belisario Quevedo</b>			3680	25	12	AS	96
<b>Av. Belisario Quevedo – Calle General Maldonado</b>			4330	30	14	AD	95

CONTINÚA

<p>Calle General Maldonado – Calle Quito</p> 	  	4405	25	15	AD	95,2
<p>Calle General Maldonado – Calle Orellana</p> 	 	190	25	16	AD	94,8
<p>Calle General Maldonado – Av. Quijano Ordoñez</p> 	  	200	20	17	AD	95
<p>Av. Quijano Ordoñez – Hermanas Paez.</p> 	 	5055	25	20	AD	94,7



**Figura 64. Voltaje en relación a la distancia**

En la figura.64, se observa la descarga de baterías según la distancia recorrida, el voltaje varia de 100 V a 94,7 v en un recorrido de 5,05 km a velocidades variables, se identifican valores de voltaje de carga que se logra mediante el freno regenerativo ya que en intersecciones y semáforos se utilizó el freno regenerativo se logró dar una carga significativa al pack de baterías.

### 4.3. Prueba sonora de la moto tipo chopper

Para realizar esta prueba se tuvo que levantar la llanta trasera mediante caballetes.



**Figura 65. Sistema de propulsión libre**

En cuanto a la inspección acústica se pudo determinar mediante un sonómetro que en un inicio la contaminación sonora es casi nula, mediante se aumenta las RPM del motor eléctrico se optime un nivel de decibeles más alto no muy significantes, con la norma técnica para el control de contaminación acústica.

**TABLA 34.**

#### Niveles permitidos de ruido para fuentes móviles

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DEL MOTOR EN LA PRUEBA [rpm]	NIVEL SONORO MÁXIMO [dB(A)] NPSmax
<b>Motocicletas o similares</b>	Vehículos de transmisión de cadena, con motores de 2 ó 4	De 4.000 a 5.000	86

CONTINÚA →

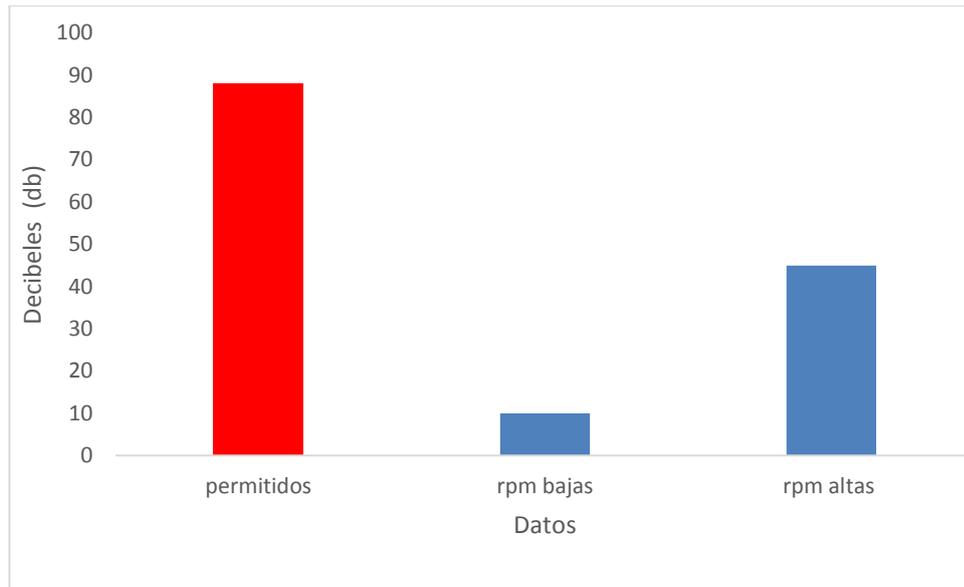
	tiempos (Motocicletas, tricars, cuadrones, etc.)		
<b>Vehículos livianos.</b>	Automotores de cuatro ruedas con un peso neto vehicular inferior a 3.500 kilos. (Taxis, carga liviana, furgonetas, etc.)	De 2.500 a 3.500	81
<b>Vehículos para carga mediana y pesada</b>	Automotores de cuatro ó más ruedas, destinados al transporte de carga, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kilogramos	De 1.500 a 2.500	88

**Fuente:** (Anonimo, 2018)

**TABLA 35.**

**Datos obtenidos mediante sonómetro**

	<b>Valor permitido</b>	<b>Decibles RPM bajas</b>	<b>Decibeles RPM altas</b>
<b>Datos</b>	88db	10 db	45 db



**Figura 66. Comparación de datos**

Se realizó una comparación de decibeles mediante valores que se obtuvo en velocidad baja de 10 (db) y alta de 45(db) se hace conocer que no supera los valores máximos permitidos.

## CAPÍTULO V.

### MARCO ADMINISTRATIVO

Los aspectos económicos como administrativos son fundamentales para los parámetros relacionados con la factibilidad y la viabilidad del proyecto de investigación.

#### 5. Factibilidad de la investigación.

En este capítulo se analiza los recursos materiales y humanos, los cuales son fundamentales para la viabilidad del proyecto. Es indispensable realizar una planificación del presupuesto, se toma en consideración los siguientes parámetros.

##### 5.1. Recursos naturales

Los recursos naturales son los elementos físicos que son obligatorios para la puesta a punto del proyecto de investigación.

**TABLA 36. Recursos materiales**

#### Recursos materiales

Orden	Ítem
1	Motor eléctrico BLDC
2	Módulo de control
3	Elementos de protección
4	Actuadores
5	Elementos de arranque
6	Alambre flexible N° 16 y 8
7	Banda de transmisión

**CONTINÚA** 

<b>8</b>	Placas de acero ASTM A36 de 8mm
<b>9</b>	Placas de acero ASTM A36 de 10mm
<b>10</b>	Placas de acero ASTM A36 de 25mm

## 5.2. Talento Humano

El personal del proyecto de investigación está compuesto por:

**TABLA 37.**

### Talento humano

<b>Byron León</b>	<b>Investigador</b>
<b>Jonathan Morales</b>	Investigador
<b>Ing. Héctor Terán</b>	Director del proyecto de titulación
<b>Ing. Guido Torres</b>	Jefe de laboratorio de Procesos de Manufactura

## 5.3. Recurso financiero

El financiamiento del proyecto de investigación es el recurso más importante ya que es propio, el costo total del proyecto es de 4392,925 el mismo que está dividido en diferentes aspectos mecánicos, eléctricos, electrónicos e insumos.

### 5.3.1. Recursos y materiales

**TABLA 38.**

### Gastos de materiales de tipo mecánico y electrónico

<b>Gastos de materiales</b>				
<b>N°</b>	<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
1	Plancha de acero astm A36	1	35	35

**CONTINÚA** →

De 25mm				
2	Placa de acero ASTM A36 De 10mm	1	25	25
3	Placas de acero ASTM A36 De 8mm	1	25	25
4	Banda 1890 M14	1	120	120
5	Pernos 1/2 y arandelas	8	0,30	2,40
6	Pernos 3/8 y arandelas	3	0,30	0,90
7	Pernos m10 y arandela	18	0,35	6,30
8	Pernos m6 y arandela	23	0,20	4,60
9	Ejes	12	2,50	30
10	Pack de batería de 12 celdas de 7,2 v	3	133,33	400
11	Alambre flexible N°16	10m	0,60	6
12	Alambre flexible N°6	10m	0,60	6
13	Cinta Aislante	6	0,90	5,40
14	Cajas de proyecto metal	1	2	2
15	Puente de diodos 100v	1	4,50	4,50
16	Amperímetro de 10 A	1	5,50	5,50
17	Fusible de 100 A	1	2,50	2,50
18	Diodo Zener	1	0,20	0,20
19	Motor BLDC	1	1525	1525
20	Controlador	1	976	976
21	Contactador AF 96	1	211,595	211,59
22	Breaker C/M A2N	1	550,550	550,55
23	Breaker schneider	1	11,48	11,48
24	Cautín	2	10	20
25	Resma de papel Bond A4	1	7	7
26	Copias e Impresiones	1000	0,06	60
27	Anillados	3	25	75
28	Viáticos (almuerzo, combustible)	1	75	75
29	Gastos varios	1	200	200

<b>30</b>	<b>Total</b>	<b>4392,92</b>
-----------	--------------	----------------

### 5.3.2. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos son los medios que nos ayudan con la parte escrita del proyecto de investigación y a su vez parte de programación para variar los parámetros de funcionamiento del motor.

Las herramientas tecnológicas utilizadas son:

- Software HPCMIS\_WIN: Programación de parámetros del controlador del motor BLDC
- Software live Wire: diseño de los diagramas eléctricos
- Software Autodesk Inventor Profesional: diseño y modelado del comportamiento del sistema de propulsión eléctrica

**TABLA 39.**

#### Gastos de equipos tecnológicos

Recurso Tecnológico				
N°	Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Voltímetro amperímetro (600V – 50A) DC	1	70	70
2	Software HPCMIS_WIN	1	0	0
3	Software Live Wire	1	20	20
4	Software Autodesk Inventor Professional	1	0	0
TOTAL				70

## CONCLUSIONES

- Con la potencia calculada 10652 W como potencia máxima a vencer la inercia a 50km//h, se establece un cuadro comparativo entre diferentes tipos de motores que existe en el mercado y se selecciona un motor tipo BLCD Brushless que cuenta con una potencia de entrada de 20000 KW máximos a 100v y 200 A como máxima. Cumpliendo los valores para nuestra implementación.
- Un motor eléctrico tipo Brushless dispone de un sistema de freno regenerativo que está encargado de devolver a las baterías la energía perdida al momento del frenado y esto permite que el voltaje de las baterías no se consuma con mayor rapidez.
- El motor eléctrico requiere de un PWM para funcionar correctamente, para ello se hace la selección de un módulo de control PWM de la serie HPC500 ya que cuenta con una interface donde permite mover parámetro para aumentar la eficiencia y duración de las baterías.
- La conexión en paralelo de 36 celdas con una vida útil del 70% otorgan 3 packs de 100 V a 19.5 (Ah) la cual permite una carga lenta de 2 A en 45 min siendo el voltaje mínimo para el uso de 7,2 V por celda.
- Las baterías que ya son descartadas no significan que están en mal estado, se entiende que en el vehículo híbrido se produce un descenso en el voltaje entre batería y batería de 1V lo que ocasiona un código de error y por tal motivo estas con cambiadas y reemplazadas.
- Las baterías deben pasar por un proceso de carga y determinar el tiempo en que fue realizado, nivelar las baterías en un banco y proceder con la descarga conectando un halógeno para que todas se encuentre en un mismo nivel y poder realizar una carga efectiva de todas sin que ninguna se dispare en niveles de voltajes, la capacidad máxima que llegue una batería es a 10 voltios en el caso que alguna sobrepase este valor deberá ser cambiada y retirada.

- Para la construcción de las piezas mecánicas fue indispensable el uso del Autodesk Inventor Professional que permitió las dimensiones y espesor para proceder ser mecanizado en un laboratorio de CAD-CAM CNC por plasma y CAD-CAM CNC por chorro de agua.
- Con las baterías cargadas al 100% dando un voltaje máximo de 100 voltios se realizó una prueba de conducción con un tiempo de duración de 2 horas a una velocidad que no sobrepasa los 30 km/h, se obtuvo como resultados que el voltaje descendió en un rango de 4 a 5 voltios.
- Las baterías cargadas a un nivel de 100 voltios se realizó una segunda prueba de conducción en un tiempo estimado de 2 horas con una velocidad máxima de zona urbana 50km/h, se obtuvo como resultado que el voltaje descendió en un rango de 10 a 15 voltios.
- Se realizó una tercera prueba de conducción donde se tuvo un ángulo de inclinación de 10° en una pendiente con las baterías cargadas a su nivel máximo y a su vez con una velocidad de 30 km/h, el tiempo de duración de esta prueba fue de 2 horas y la descarga fue entre 4 a 6 voltios, la descarga no fue demasiado porque en el circuito existe una pendiente bajada donde el sistema regenerativo actuó y devolvió la energía a las baterías
- Con una cuarta prueba de conducción con el nivel de baterías al 100 % y a una velocidad de 50 km/h donde existe una pendiente de 10° de inclinación en un tiempo estimado de 2 horas, el voltaje de las baterías descendió en un rango de 15 a 20 voltios, en esta prueba también se hizo uso del freno regenerativo que devolvió la energía a las baterías.
- Con la quinta prueba de conducción en una ruta que se trazó con una distancia de 5 kilómetros y el nivel de baterías de 100 voltios se obtuvo como resultados que el nivel de voltaje descendió entre 8 y 14 voltios.

## RECOMENDACIONES

- Para la selección de cualquier elemento eléctrico lo recomendable es un cálculo de selección y comparación de los productos en el mercado para su adecuada adquisición.
- Para la elaboración de cual elemento del sistema mecánico es adecuado primero modelar y calcular con la ayuda de un software computacional para obtener pesos, dimensiones con el material a escoger.
- Se recomienda verificar que no existan impurezas acumuladas entre celdas de la batería de alto voltaje, limpiar el sulfato acumulado en los terminales de las celdas y verificar que estén correctamente apretadas para evitar cortes de corriente en cada pack.
- Es aconsejable antes de realizar las conexiones del módulo y los Pack de baterías que conforman el sistema de propulsión eléctrica realizar mediciones de voltaje y amperaje de cada elemento eléctrico así constatando los parámetros de funcionamientos adecuados de cada uno.
- El presente proyecto de investigación se puede aplicar en cualquier vehículo de transporte tomando en cuenta las diferentes prestaciones de cada uno de los medios de transporte.
- Se recomienda usar baterías híbridas recicladas y seleccionar las celdas que se necesitan mediante un proceso de carga y descarga de cada una para estimar la vida útil de cada celda y armar un nuevo pack por sobre el 50%.
- Se aconseja realizar un balance adecuado de cada celda nivelando los voltajes de las mismas hasta tenerlas en un rango similar o igual de cada de los packs realizando una carga lenta para aumentar la autonomía de las mismas.
- Para mejorar el rendimiento en pendientes mayor a 10° de inclinación se recomienda realizar un estudio de una caja multiplicadora de potencia para mejorar la relación de trasmisión y así aumentar la autonomía de la moto tipo chopper.
- Impulsar el uso de la tecnología eléctrica en los distintos vehículos que ingresan al país para reducir el impacto ambiental en las emisiones de CO

y por consecuente impulsar a los futuros profesionales a cambiar sus proyecciones para mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos de grandes y pequeñas ciudades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (20 de noviembre de 2017). *ABB product details*. Recuperado el 6 de 12 de 2017, de <http://www.new.abb.com/products/1SBL419501R8600/ae75-22-00-110v-dc-contactor>
- Abril, L. (15 de Enero de 2016). El cambio de la matriz energética y la rehabilitación de la red vial marcan un antes y un después en Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador .
- Andes. (19 de enero de 2016). *Ultimas Noticias*. Recuperado el 02 de 05 de 2017, de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/2016-ecuador-tendra-matriz-electrica-mas-eficiente-amigable-mundo-afirma-presidente-correa>
- Andres. (21 de noviembre de 2016). *Juventud país*. Recuperado el 10 de 10 de 2017, de <http://www.alianzapais.com.ec/2016/01/20/en-2016-ecuador-tendra-la-matriz-electrica-mas-eficiente-y-amigable-del-mundo-afirma-presidente-correa/>
- Anonimo. (10 de marzo de 2018). *pnt\_ruido*. Recuperado el 17 de 05 de 2017, de [file:///C:/Users/BYRON%20LEON/Downloads/pnt\\_ruido.pdf](file:///C:/Users/BYRON%20LEON/Downloads/pnt_ruido.pdf)
- Arrizabalaga, N. L. (1992). *Máquinas: prontuario: técnicas, máquinas, herramientas*. Paraninfo.
- BLOGTECNOCIO. (22 de 02 de 2016). *Tecnocio*. Obtenido de <https://www.tecnocio.com/blog/diferencias-entre-las-motos-electricas-y-de-gasolina/>
- Buchmann., I. (Abril de 2003). *TECHNO SUN*. Recuperado el 8 de 10 de 2017, de <http://blog.technosun.com/puede-ser-competitiva-actualmente-la-bateria-de-plomo-acido/>
- Casajús, L. (2001). Tipos de Motocicletas. *Carroceria y Pintura*, 4.
- Castro, O. (2014). *Diseño del Tren de Potencia de un motocicleta eléctrica*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira .
- Comercio, E. (14 de 06 de 2011). *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/reforma-tributaria-incluye-a-motos.html>
- Dirt Bike. (24 de Noviembre de 2011). *Dirt Bike*. Recuperado el 15 de 10 de 2017, de <https://dirtbikemagazine.com/life-and-times-of-the-honda-cr250r/>
- Golden Motor. (12 de 06 de 2014). *golden motor*. Recuperado el 24 de 06 de 2017, de <https://www.goldenmotor.com/img/10KWFanCooling.jpg>
- Gonzales, R. (29 de Diciembre de 2011). *Twenergy*. Recuperado el 07 de 10 de 2017, de <https://twenergy.com/a/el-aceleron-de-las-motos-electricas-216>
- Google. (8 de Marzo de 2018). *Google Map*. Recuperado el 15 de 01 de 2018, de <https://www.google.pl/maps/dir/-0.9360726,-78.6108554/-0.9362228,-78.6033023/-0.9395697,-78.6100186/-0.9345493,-78.6160053/-0.9361155,-78.613087/@-0.9374671,-78.6138166,16z/data=!4m22!4m21!1m5!3m4!1m2!1d-78.6097335!2d-0.9362049!3s0x91d461085aa246ff:0x9308>
- Industronic. (2017). *Grupo Industronic*. Recuperado el 16 de 09 de 2017, de <https://grupoindustronic.com/baterias-ups-niquel-cadmio/>

- Ing, Mauricio, C., Ing, Juan, R., & Jhon, T. (2014). Diseño e implementación del tren motriz con motor eléctrico y transmisión CVT, en una motocicleta eléctrica plegable, para ayudar a reducir la contaminación vehicular en la ciudad de Iatacunga. 8.
- Inma. (26 de Noviembre de 2013). *Recarga Coches Eléctricos*. Recuperado el 06 de 04 de 2017, de <http://www.recargacocheselectricos.com/modo-de-carga-1-para-vehiculos-electricos/>
- Lenin Abatta, P. M. (2013). *Diseño, Adaptación y conversión de una motocicleta de 100 cc a gasolina en eléctrica*. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército .
- Livolsi, S. (28 de Mayo de 2014). *GQItalia*. Recuperado el 06 de 15 de 2017, de <https://www.gqitalia.it/gadget/auto-e-moto/2014/05/28/scighera-nuova-naked-italiana/>
- Looree. (23 de noviembre de 2016). *Time Rime*. Recuperado el 10 de 03 de 2017, de <http://timerime.com/es/evento/1236561/Motocicleta+Electrica+en+Argentina/>
- Luis Arteaga, C. D. (2014). *Diseño y construcción de una motocicleta eléctrica: una alternativa para el transporte sostenible*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Luis, A., Camilo, D., Melquis, P., & Alejandro, P. (2014). Diseño y construcción de una motocicleta eléctrica: una alternativa para el transporte sostenible. *El hombre y la Máquina*, 11.
- Mantenimiento, M. y. (06 de Mayo de 2013). *Todo Motos*. Recuperado el 12 de 15 de 2017, de <http://www.todomotos.pe/mecanica/1775-mantenimiento-scooter-mecanica-moto>
- motor, G. (17 de 07 de 2017). *Golden motor*. Recuperado el 12 de 01 de 2017, de <https://www.goldenmotor.com/HPC%20Series%20Controller%20User%20Guide.pdf>
- Motorcycle parts. (05 de marzo de 2018). *BKS motorcycle parts*. Recuperado el 5 de 11 de 2017, de <http://www.bks.com.mx/ps/mx/switchs/1031-switch-p-moto-italika-ft125--cg125-china.html>
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México : Pearson Educación.
- Paloma, & CB. (19 de diciembre de 2011). *Tecnología*. Recuperado el 02 de 05 de 2017, de <https://tecnoapostol.wordpress.com/2011/12/19/las-relaciones-de-transmision/>
- Promotos. (2013). Motos Enduro. *Kallyas Template*.
- Renobat. (04 de Diciembre de 2015). *RENOBAT*. Recuperado el 2 de 10 de 2017, de <http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/999-pequena-historia-del-nacimiento-de-las-baterias-de-litio>
- rime, T. (17 de 10 de 2016). *Time rime*. Obtenido de <http://timerime.com/es/evento/1236561/Motocicleta+Electrica+en+Argentina/>
- Robledo, D. (15 de Julio de 2016). *Soy Motero*. Recuperado el 12 de 04 de 2017, de <https://www.soymotero.net/quiero-una-moto-deportiva-de-125-cc-que-opciones-tengo-19918>

- Rodríguez, V. (09 de Febrero de 2017). *Pasion Biker*. Recuperado el 12 de 08 de 2017, de <https://www.pasionbiker.com/por-que-llaman-motos-gran-turismo-cuales-son-las-mejores/>
- Ruiz, R. (29 de Julio de 2017). *About Español*. Recuperado el 10 de 12 de 2017, de <https://www.aboutespanol.com/tipos-de-motos-galeria-de-imagenes-4140800>
- Tecnologías. (06 de marzo de 2018). *Tipos de*. Recuperado el 19 de 10 de 2017, de <https://tiposde.com.mx/cables-electricos/>
- Todo Productividad. (04 de Septiembre de 2012). *TodoProductividad*. Recuperado el 10 de 06 de 2017, de [http://todoproductividad.blogspot.com/2012/09/el-proceso-de-carga-y-descarga-de-las\\_9815.html](http://todoproductividad.blogspot.com/2012/09/el-proceso-de-carga-y-descarga-de-las_9815.html)
- Trial World. (27 de Junio de 2017). *Trial World Magazine*. Recuperado el 10 de 05 de 2017, de <http://www.trialworld.es/motos-trial/>
- Twenergy. (29 de 12 de 2011). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/a/el-aceleron-de-las-motos-electricas-216>
- Twenergy. (29 de diciembre de 2011). *Twenergy*. Recuperado el 17 de 08 de 2017, de <https://twenergy.com/a/el-aceleron-de-las-motos-electricas-216>
- Valdecasas, E. (2008). *Estudio de la implantación de una motocicleta eléctrica como vehículo para agentes de movilidad urbana*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas .
- Vicepresidencia de la República del Ecuador. (Marzo de 2015). *Estrategia Nacional para el cambiode la matriz productiva*. Recuperado el 15 de 10 de 2017, de <http://www.vicepresidencia.gob.ec/secretaria-tecnica-del-comite-interinstitucional-para-el-cambio-de-la-matriz-productiva/>
- Wikipedia. (2016 de noviembre de 15). *Wikipedia Enciclopedia libre*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Motocicleta>
- Wikipedia. (16 de 10 de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Motocicleta>
- Zorrilla, A. (05 de Enero de 2015). *Demotosonline*. Obtenido de <http://demotosonline.com/historia-de-la-moto-electrica/>
- Cotte Corredor, J. M., Moreno Pineda, A. F., & others. (2010). *Diseño de control robusto de velocidad de motores brushless para robótica aérea*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/files/334/11052224.pdf>
- Jácome, A., Rómulo, L., & Moya Llano, P. S. (2013). *Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100 CC a gasolina en eléctrica* (B.S. thesis). SANGOLQUI/ESPE/2013. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6885>
- Moreno Constante, A. S., Tipán, N., & Alfredo, L. (2017). *Investigación de la eficiencia energética del vehículo híbrido Toyota Prius al implementar el sistema enchufable PLUG IN*. (B.S. thesis). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.

Ordóñez, C. P. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos. *Universidad Carlos III de Madrid*. Disponible: [Http://Earchivo. uc3m. Es/Bitstream/Handle/10016/11805/PFC\\_Carlos\\_Pena\\_Ordenez](http://Earchivo.uc3m.es/Bitstream/Handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordenez). Pdf. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/30044309.pdf>

Piccardo, J., & PRIETO, A. (2012). *Vehículo Eléctrico de Producción Nacional*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo-Universidad de Buenos Aires. Retrieved from <http://diana.fadu.uba.ar/id/eprint/103>

Taibe, T., & Oswaldo, J. (2014). *Diseño e implementación del tren motriz con motor eléctrico y transmisión CVT, en una motocicleta eléctrica plegable, para ayudar a reducir la contaminación vehicular en la ciudad de Latacunga*. (B.S. thesis). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8862>

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores LEÓN HINOJOSA BYRON PAUL Y MORALES ALQUINGA JONATHAN JAVIER.  
En la ciudad de Latacunga a los 14 del mes de Febrero de 2018.

15 del mes de marzo de 2018.

Ing. Héctor Terán  
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Danilo Zambrano  
DIRECTOR DE LA CARRERA

Dr. Freddy Jaramillo  
SECRETARIO ACADÉMICO

